

التجديد في فلسفة العلوم الطبيعية من التصور الحتمي الخطي الى التصور اللاخطي

د/ صباح قلاطين

استاذة محاضرة "أ"

كلية العلوم الاجتماعية والانسانية خميس مليانة

تاريخ الارسال: 2018-02-28 / تاريخ القبول: 2018-05-10 / تاريخ النشر: 2020-01-30.

الملخص

تهدف هذه المداخلة الى الحديث عن التحول الذي مس الأسس الجوهرية للتصور العلمي، فأدى إلى انتقال التصور العلمي والفكري من التصور الخطي الذي يؤمن بتنظيم منهجي ثابت تمليه السببية والحتمية، والذي يتسم بثبات القواعد، ومن ثم القدرة على ترقب التطور المحتمل والتنبؤ بكل التحولات الممكنة، إلى تصور مغاير تماما، تمثل في المجال الديناميكي اللاخطي المتغير والمتعدد الأشكال والأبعاد، غالبا ما تكون تأثيراته وامتداداته غير مرتقبة وغير محددة، لتتناقض تماما مع المبادئ التي اعتاد عليها الفكر العلمي لمدة طويلة من الزمن.

Résumé:

Le but de cet article est de démontrer la transformation qui a touché les principes fondamentaux de la perception scientifique, elle a conduit au transfert de la conception scientifique et intellectuelle de la perception linéaire qui croit à la dictée systématique par la causalité et le déterminisme, caractérisée par des règles cohérentes, et la capacité d'anticiper le développement possible et de prédire toutes les transformations possibles.

Donc le progrès scientifique a révélé la transformation de la perception linéaire à une perception complètement différente, représentée dans le domaine dynamique, non linéaire, variable, multidimensionnel, dont les effets et les extensions sont souvent imprévisibles et indéfinis.

Cette nouvelle perception non linéaire contredit complètement les principes de la pensée scientifique auxquels elle s'est habituée depuis longtemps.

الكلمات الافتتاحية : التصور الخطي، الحتمية، التصور اللاخطي، التجديد.

Conception scientifique, perception linéaire, le domaine dynamique non linéaire.

مقدمة

لقد طغى على الفكر الكلاسيكي فلسفة الحتمية والتصور الخطي، الذي مثل الاعتقاد الأساسي في العلوم الفيزيائية، فقد كان الهدف الأساسي للعلم اكتشاف نظام الطبيعة، والتنبؤ بحالات النظام في أوقات متقدمة أو متأخرة غير أن العلماء يكتشفون الآن اللانظام في الطبيعة، وكذا الارتياحية واللاحتمية في القياسات، فتغيرت نظرة العلم من النظرة التقليدية الحتمية المطلقة القائمة على فكرة النظام والاتساق الكوني إلى نظرة جديدة أين أصبحت فيها الفوضى شرط جديد للمعرفة ووجه مقابل لهذا النظام، وهذا التغير قد طال مختلف العلوم بما فيها العلوم الإنسانية.

ما هي أهم التحولات والتغيرات التي مست الأسس الجوهرية للتصور العلمي؟ وهل هذا التحول في المسار العلمي ينطوي على تحول داخلي في نظرتنا المعرفية؟ وكيف يمكننا الاستفادة من هذا التحول العلمي في تجديد الفكر على جميع المستويات؟

لقد تميز العلم الكلاسيكي بالاعتقاد أن العالم بسيط ومحكوم بقوانين أساسية عكوسة زمنياً وأنه خطي يتسم بثبات القواعد، ومن ثم القدرة على تقريب التطور المحتمل والتنبؤ بكل التحولات الممكنة وهذه القوانين الأبدية هي التي تعبر عن العقلانية العلمية. فنظام الكون ثابت شامل مطرد كل ظاهرة من ظواهره مقيدة بشروط تلزم حدوثها اضطراراً، أي خاضعة لقانون محدد وهذا هو ما يجعله كوناً منتظماً وليس هاوية من الفوضى والعماء، أي كاوس chaos⁽¹⁾.

فليس في الطبيعة جواز ولا إمكان ولا طفرة بل كل ما فيها ضروري، ولما كانت الضرورة استحالة النقيض، كانت الحتمية العلمية تعني أن كل ما يحدث لابد وأن يحدث ويستحيل أن يحدث سواه⁽²⁾ إن ما يحدث في أي لحظة يحدث تبعاً لقوانين ثابتة كمحصلة حتمية لوضع الأشياء السابقة عليها، وهذا الوضع بدوره محصلة حتمية حددتها ظروف أسبق وهكذا دواليك. وبهذا تمكن العلم أن يتنبأ يقيناً بما هو حادث بما سوف يحدث في المستقبل وبما كان من أمر الماضي، على أساس أن واقع الكون الراهن نتيجة ضرورية للماضي ومقدمة شرطية للمستقبل، إنه التسلسل العلي والترابط الضروري ذو العلاقات الضرورية الذي يجعل كل حدث كاشفاً عما سواه.

ومن ثم ترتبط الحتمية العلمية بالقابلية للتنبؤ، فهي عملية استدلالية منصبة على المستقبل، وإن كان يمكن أن ترتد إلى الماضي كما يحدث في علوم البيولوجيا والتاريخ البيولوجي والإنساني، إنها طابع العلم وممكن تحقيقه الذي بهر الجميع، فهي مسلمة إستيمولوجية قبلية لإمكانية التنبؤ⁽³⁾. إذ يعتقد العالم الفرنسي سيمون بييردولابلاس Pierre Simon de Laplace (1749-1827) الكون عملية واحدة لأول سلسلة متشابكة تفضي كل حلقة فيها إلى الحلقة التي

تليها، ويؤكد على ترابط جزئيات الكون وعلى أن وضعها في أية لحظة يحتم وضعها في كل لحظة أخرى. فصاغ أشهر صياغة للحتمية العلمية مؤداها أننا إذا استطعنا أن نجمع معلومات دقيقة عن كل الشروط المبدئية، لأمكن استنباط الصورة اللاحقة للكون بكل دقة ⁽⁴⁾ فمبدأ الحتمية يفترض أن ثمة نسقا من القوانين إذا أضيفت إليه معطيات كاملة عن حالة العالم في أي وقت لأمكن التنبؤ بمعطيات كاملة عن حالة العلم في أي تاريخ سابق. وتعتبر الحتمية الفيزيائية العمود الفقري للحتمية العلمية وجذعها الراسخ التي نبتت عليه مختلف ضروب الحتمية العلمية الأخرى. وقد صاغ العالم الفيزيائي الإنجليزي إسحاق نيوتن (1642-1727) المبادئ التي تنطبق على كل الحركات، واستطاع أن يضم النظامين الفلكي والأرضي في نسق واحد وأخضعهما لقانون حتمي رياضي عن طريق تقديم أعظم فروضه "فرض الجاذبية" ⁽⁵⁾ فقد اكتشف مجموعة من المبادئ عبّر عنها في جمل قليلة، وبيّن أنها تستطيع وبشكل مذهش التنبؤ بالحركة لتشكيلة متنوعة وواسعة من الأنظمة مع درجة عالية جدا من الدقة ⁽⁶⁾ وبرهن أن قوانينه الثلاثة في الحركة بإمكانها التنبؤ بدقة بمدارات الكواكب حول الشمس، وبشكل مسارات المقذوفات في الأرض،.... إلخ. إن قوانين نيوتن حتمية بالكلية لأنها تتضمن المفهوم القائل أن أي شيء يحدث في أي وقت في المستقبل هو حتما متصل بما يحدث الآن، وزيادة على ذلك فإن كل شيء يحدث الآن هو مرتبط كلياً بما حدث في لحظة ما في الماضي ⁽⁷⁾ فقد حققت قوانين نيوتن الثلاثة نجاحا باهرا لعدة قرون بعد اكتشافها، وقد أظهر علم الفيزياء بوضوح كيف تستطيع قوانينه أن تحسب للمراقب حركة أي عملية فيزيائية يمكن تصورها تقريبا ⁽⁸⁾

عندما كشف نيوتن اللثام عن قوانين الحركة، كان ذلك حدثا علميا كبيرا، أدى إلى التساؤل عما يمكن أن يقدمه العلم لفهم الكون ومعرفة أسرارهِ. وتصور بعضهم أن المسألة مسألة وقت وأن هذا الكون يمكن تشبيهه بساعة ضخمة تنتظر أن يكشف عن القوانين التي تحكمها ليصبح التنبؤ بالأحداث التي تقع فيه بعد ذلك أمرا واضحا ويسيرا، مثل عملية التنبؤ باتجاه حركة عقارب الساعة. فكما أن الساعة لا تملك إلا أن تسير إلى الأمام بالطريقة المعروفة فكذلك الكون لا يملك إلا أن يسير وفق قوانين محددة، وما علينا إلا أن نكتشف هذه القوانين لنعلم مستقبل الكون. ⁽⁹⁾

الشروط الابتدائية للنظام :

إن القوانين التي تحكم الكون المادي يمكن أن نفهم بشكل ذي مغزى فقط إذا تم التعبير عن الخصائص الفيزيائية بوصفها قياسات محددة، أي في حدود رقمية وليس في ألفاظ تعبيرية فقط. ⁽¹⁰⁾ وتعتبر قوانين نيوتن أهم مثال للقوانين الديناميكية، لأنها تربط القيم العددية للقياسات في زمن محدد بالقيم في زمن آخر متقدم أو متأخر. فالقياسات التي تظهر في قوانين نيوتن تتعلق بشكل خاص بالنظام المدروس، ولكنها أنموذجيا تتضمن الموضع، والسرعة، واتجاه الحركة لكل

الأجسام في النظام، وكذلك مقدار القوة والاتجاه لأي قوى تطبَّق على تلك الأجسام، في أي زمن معطى لتاريخ النظام في التعبير عن القياسات المخصصة لنظام مُعطى⁽¹¹⁾ (سواء أكان النظام الشمسي، أو جسما ساقطا على الأرض، أو تدفقات المحيط) فإن القيم التي تم قياسها في وقت ابتدائي يُعَبَّرُ عنها بمصطلح "الشروط الابتدائية للنظام"، لذا كقوانين ديناميكية، فإن قوانين نيوتن حتمية لأنها تتضمن: أنه لأي نظام معطى، فإن الشروط الابتدائية نفسها سوف تعطي دائما نتيجة متطابقة.⁽¹²⁾

إن أنموذج نيوتن للكون كثيرا ما يشبَّه بلعبة البليارد، حيث إن النتائج تظهر رياضيا من الشروط الابتدائية في الطريقة المحددة سلفا مثل الحركة التي يمكن أن تجري إلى الأمام أو إلى الخلف مع الزمن. ولقد لاحظ البشر طوال آلاف السنين أن أسبابا صغيرة يمكنها أن تُحدث نتائج كبيرة غير متوقعة، وما أثار العلماء أنه في بعض المنظومات يمكن أن تقود تغيرات طفيفة في الشروط الابتدائية إلى توقعات متباينة جداً، بحيث ان التوقُّع (أو التنبؤ) بحد ذاته يصبح بلا فائدة. ولهذه الأنواع من الأنظمة بيّن هنري بوانكاريه (1854-1912) Henri Poincaré أن المصادفة والحتمية أصبحتا متوافقتين بخاصية اللاتنبؤية على المدى الطويل، ويشرح الموضوع بأسلوبه الواضح والموجز "يحدد سبب صغير يتجاوزنا نتيجة كبيرة لا يمكن أن لا نراها، وحينذاك نقول أن هذه النتيجة أتت مصادفة"⁽¹³⁾ فقد وصل الى ان هناك عدة آليات يمكن بواسطتها للوصف الحتمي الكلاسيكي للعالم أن يحيل بشكل طبيعي إلى تمثيل احتمالي، وأحد هذه الآليات هو الاعتماد الحساس على الشروط الابتدائية. وعليه فقد بحث بوانكاريه في مثالين لحالة الاعتماد الحساس على الشروط الابتدائية، المثال الأول هو لغاز مكون من عدد من الذرات المتحركة بسرعات كبيرة، وفي كل الاتجاهات والمتعرضة للعديد من الاصطدامات المتبادلة. حيث يرى أن هذه الاصطدامات تنتج اعتمادا حساسا على الشروط الابتدائية، كما تبرز اللاتنبؤية في حركة الجسيمات في الغاز وصفا احتماليا.⁽¹⁴⁾

ويتعلق المثال الثاني لبوانكاريه بالأرصاء الجوية، وهنا أيضا يوجد اعتماد حساس على الشروط الابتدائية، بالإضافة إلى ذلك فإن معرفتنا بالشروط الابتدائية قليلا ماتكون دقيقة وهذا يفسر قلة الوثوقية بالتنبؤ بحالة الطقس، وهكذا، وحيث أننا لا نستطيع التنبؤ بتتابع الظواهر الطقسية فإننا نظن أن هذا التتابع يحدث بالمصادفة⁽¹⁵⁾ وعليه فإن غموضا صغيرا جدا في الشروط الابتدائية سوف ينمو مع الزمن بمعدل ضخم، وبالتالي فإن مجموعتين تكادان أن تكونا متعزرتي التمييز من الشروط الابتدائية للنظام نفسه، سوف تُنتَجَانِ في تنبؤين نهائيين مختلفين بشكل شاسع عن بعضهما. إن بوانكاريه أثبت رياضيا أن "انفجار" الارتيايات الصغيرة في الشروط الابتدائية إلى ارتيايات ضخمة في التنبؤات النهائية باق، حتى لو كانت الارتيايات

الابتدائية قد انكشفت إلى أصغر حجم يمكن تصوره، لذلك حتى لو استطعت أن تحدد القياسات الابتدائية لمئات الأضعاف أو ملايين الأضعاف من الدقة، فإن الارتياح لزمن متقدم أو متأخر لن ينكمش بل سيبقى ضخماً.⁽¹⁶⁾

لقد مضى وقت طويل بين بوانكاريه والدراسة الحديثة للفيزيائيين لظاهرة الاعتماد الحساس على الشروط الابتدائية ويرجع السبب ربما إلى اكتشاف الميكانيك الكمومي الذي شغل الفيزيائيين، فأدخلت المصادفة بطريقة جديدة في نظرية الكم، مما أبعد إمكانية إدخالها عن طريق الاعتماد على الشروط الابتدائية في الميكانيك الكلاسيكي. ويرجع السبب الثاني إلى عدم توفر الوسائل الفيزيائية الأساسية للتعبير عن آراء بوانكاريه بطريقة رياضية دقيقة .

الاحتمال واللاحتمية وظهور عدم اليقين (اللاتحديد)

ومن جهة أخرى، ظهرت فكرة الاحتمال واللاحتمية في الفيزياء، فتناولت هذه الأخيرة إشكالية طبيعة المادة، بحيث استطاعت كل من ميكانيكا الكوانتم والميكانيكا الموجية من وضع فيزياء جديدة لعناصر المادة أتاحت لعالم الفيزياء أداة رياضية قوية، بحيث كان لويس دي برولي Louis de Broglie (1892-1987) يعتقد أن ثمة جسيمات تصاحبها موجات⁽¹⁷⁾. أما ايروين شرودنجر Schrodinger (1887-1961) فكان يعتقد أنه يستطيع الاستغناء عن الجسيمات، وأنه لا توجد إلا موجات تتجمع في بقاع صغيرة معينة، فينتج عنها شيء يشبه الجسيم، ولكن بعد أن اتضح أن الرأيين لا يمكن قبولهما معا اقترح ماكس بورن Max Born (1882-1970) الفكرة القائلة: "إن الموجات لا تمثل أكثر من احتمال"، فتعمقت جذرية التحول اللاحتمية في الذرة، فأصبحت الكيانات الأولية جسيمات لا تتحكم في سلوكها قوانين عليية، إنما قوانين احتمالية⁽¹⁸⁾ وواصل العالم الألماني فيرنر هيزنبرغ Heisenberg (1901-1976) و- هو أحد زعماء مدرسة كوبنهاجن⁽¹⁹⁾ - السير في هذا الطريق فبين أن هناك قدرا محددا من اللاتعيين فيما يتعلق بالتنبؤ بمسار الجسيم، وهي نتيجة صاغها في مبدأ اللاتعيين الذي ينص صراحة على اللاحتمية، والمبدأ يأخذ في اعتباره أدوات القياس، فينص على لاتعيين تكميلي، أي استحالة التعيين الدقيق لموضع الإلكترون وسرعته في آن واحد.⁽²⁰⁾ ففي حالة الإلكترونات وغيرها من جسيمات الذرة فإننا عندما نلاحظها بواسطة شعاع الضوء، فيكون علينا أن نغير مسارها، فما نلاحظه (صدمة) وليس إلكترون يسير في طريقه المألوف دون أن يعترضه شيء⁽²¹⁾، إن ظاهرة اللاتعيين ترجع إلى الحاجز الذي يحجب الإنسان عن معرفة الكون وطبيعته، ولا يرجع إلى نقص العلم.⁽²²⁾

نستنتج مما سبق أن التصور الحتمي للكون ظل سائداً حتى أوائل القرن 20 حينما أعلن هيزنبرغ عن اكتشاف مبدأ "عدم التحديد"، فمن المستحيل في الفيزياء الذرية أن نهمل التغيرات التي تسببها عملية الملاحظة على الشيء الذي نفحصه⁽²³⁾ تلك هي النتيجة التي يؤدي إليها مبدأ اللاتحديد عند هايزنبرغ . لقد هز مبدأ عدم التحديد العلماء وقلب المفاهيم الفيزيائية رأساً على عقب، فلم يستطع العلماء حتى الآن إيجاد تفسير مادي معقول ومتفق عليه لدلالات هذا المبدأ العجيب، لقد وضع مبدأ عدم التحديد حدّاً للمعرفة الإنسانية، وأدخل الاحتمالات إلى عالم الفيزياء، وكان من آثاره نشوء فيزياء الكم . وكان من آثاره أيضاً أن اهتزت عقيدة الحتمية العلمية - التي أشرنا إليها - هزة عنيفة.

إن فشل التفسير الميكانيكي للعالم أدى إلى انهيار كل معرفة تزعم أن معرفتنا بالعالم الخارجي هي معرفة صادقة صدقاً مطلقاً، فتطور العلوم الفيزيائية أدى إلى انهيار الأساس العلمي لكل معرفة تركيبية قبلية، وأوضح أن القوانين العلمية هي قوانين تجريبية احتمالية وعشوائية، وليست قوانين ضرورية يفرضها علينا العقل ذاته⁽²⁴⁾. ولم يلبث العلم إلا قليلاً حتى كشف لنا عن ظواهر أخرى عجيبة لعبت دوراً مهماً في تصورنا عن مستقبل العلم وبالذات فيما يخص عقيدة الحتمية العلمية. وسميت هذه الظواهر بالظواهر "الفوضوية" نسبة إلى "نظرية الفوضى" Chaos theory ويمثل اكتشاف الظواهر الفوضوية الضربة الثانية والقاضية على عقيدة الحتمية العلمية بعد مبدأ عدم التحديد.

فما المقصود بنظرية الفوضى ؟

إن مصطلح "chaos" في اللغة العربية هو الفوضى أو الشواش، وهي الترجمة التي يفضلها عدد من علماء العرب، فكلمة "chaos" في أصلها اللغوي كلمة يونانية "Kā'ōs"، وتعني أن العالم فوضى وعماء، غير صالح لا للحياة ولا للفهم العلمي⁽²⁵⁾ ومن هنا فإن كلمة chaos⁽²⁶⁾، ترجمت وعربت إلى الفوضى أو شواش أو هيولية أو كايوس...، وهي عكس "cosmos"⁽²⁷⁾ (اليونانية التي تعني "النظام الكوني")⁽²⁸⁾. وأصبحت كلمة chaos تطلق على علم يسمى "علم الفوضى" الذي ذاع وانتشر في العقدين الأخيرين من القرن 20 وبداية الألفية الثالثة، فأصبح موضوعاً مهماً يتكاتف في بحثه فيزيائيون ورياضيون وفلاسفة العلم، ومناطقه... كلمة فوضى اليوم أصبحت تشير إلى ثالث أكبر النظريات العلمية، ذات الأهمية في القرن العشرين مع نظريتي النسبية وميكانيكا الكم، فقد أحدثت مثلهما، ما يشبه الثورة في العلوم الطبيعية (الفيزياء خصوصاً) قبل أن ينتقل تأثيرها إلى كل من الفكر الفلسفي والسياسي والاجتماعي، والنظرية الأدبية⁽²⁹⁾.

وللفوضى معان ودلالات عدة في اللغة العربية، حيث جاءت في المعاجم والقواميس العربية المختلفة لتدل على التفرقة، الاختلاط، الانحلال، الهمجية، الخلل الذي ينشأ عن فقدان ونقص التنظيم، والفوضى ضد النظام.⁽³⁰⁾ والإنسان قد يفضل جور النظام على حالة اللانظام، واللاسلطة، اللادولة، اللاأخلاق..... الخ.⁽³¹⁾ أما كلمة "chaos" في اللغات الأجنبية فهي تدل على معان مختلفة مع ملاحظة أن هذا المصطلح حديث النشأة، حيث ظهر في القواميس والمعاجم ودوائر معارف حديثة ومنها:

"الفوضى" أو "الشواش، العشواء الاضطراب"، "اللانظام"، "اللاخطية، اللاإسقرار، الهولوية" = المادة
الامتشكلة المفروضة إنها سبقت وجود الكون، أو حالة الكون مختلفة قبل تكونه، أو خليط غامض من كل عناصر الكون، أو هولات الطبيعة⁽³²⁾. أما التعريف الاصطلاحي لكلمة chaos فيقدمها **لالاند (1867-1963) قائلاً** "إنها خلاء وعدم، أو فراغ مظلم بلا حدود كان قائماً قبل وجود العالم، أو هي خليط غامض من كل عناصر الكون قبل أن تقوم قوة ناظمة بتنظيمها وترتيبها بلغة أفلاطون ..."⁽³³⁾ ويمكن إعطاء للفوضى معنيين سياسيين أيضاً: عدم النظام بسبب غياب السلطة المنظمة، والثاني أنها نظرية سياسية ذات تنوعات ملحوظة، العمل المشترك فيها هو رفض كل تنظيم دولي⁽³⁴⁾.

نظرية الفوضى ل بنوا ماندلبروت Benoît Mandelbrot (1924-2010) وإدوارد لورنز Edward Lorenz (1917-2008). هي أحد ثلاثة أضلاع مثلث العلوم في القرن 20، فالنظريات الثلاث النسبية بشقيها، نظرية الكوانتم ونظرية الفوضى تمثل لنا التقدم العلمي والابستيمولوجي، في بداية القرن 21، في المجال العلمي والنظري والتجريبي وكذا الفكري⁽³⁵⁾ فعلم الفوضى هو العلم الذي يختص بدراسة القوانين الخفية التي تحكم البيئات العشوائية غير المتوقعة المنتشرة في الكون، وأهو الدراسة الوصفية للسلوك اللانمنظم للأنظمة الحتمية أو الديناميكية اللاخطية، فهو دراسة السلوك المعقد غير المتنبأ به، كالطقس والأرصاد⁽³⁶⁾ ويصف أيضاً التركيبات، والأنساق غير الخطية وشديدة التعقيد من حيث الزمان والمكان، بأنها تتبع قواعد وقوانين محددة. ونلاحظ هنا أن الأنساق الفوضوية تعرف بأنها أنساق شديدة الحساسية للقيم الابتدائية، وأقرب مثال لذلك (تأثير الفراشة)⁽³⁷⁾ فاتجاه الأنساق الديناميكية غير الخطية إلى عدم الانتظام، وفي بعض الأحيان عدم القابلية للتنبؤ مع بقاء سلوكها حتمياً، يقودنا بوجه عام -للقول- أن الفوضى هي إعادة تعريف الكون باعتباره غير منظم، متباين وغير مستقر وغير خطي، كما يعرفها لندساي Lindsay Georges (1902-1987)⁽³⁸⁾. أما بترسن Ivars Peterson يعرفها على أنها دراسة الطبيعة الكلية للأنساق، كيف تظهر وكيف تتكيف؟⁽³⁹⁾ فنظرية الفوضى تطرح مطالب قوية نحو السلوك العام للتعقد⁽⁴⁰⁾.

ويرى **دانييل شتاين** Daniel Stein (1953) ان ثمة تفسيرات متعددة لنظرية الفوضى تتطلب استخدام كلمات مثل التركيب، تقاطع مناهج، حافة الفوضى، ديناميكا، شبكات عصبية... الخ، لكن هذه التفسيرات جميعا تحمل معها مفهوم المنظومات المعقدة. فمضامين نظرية الفوضى عويصة لأن ليس ثمة من يستطيع معرفة الشروط المطلقة لأي منظومة من أجل التنبؤ التام بسلوكها⁽⁴¹⁾. فنظرية الفوضى هي دراسة وصفية للسلوك الغير منتظم للأنظمة الحتمية "الأنظمة الديناميكية اللاخطية"⁽⁴²⁾ في النظم الإنسانية والطبيعية، بحيث تحدث تحولات غير متوقعة يصعب تقصي مساراتها، وقد تم تشبيه هذه العملية في تداعياتها بـ "تأثير الفراشة"، فكانت نقطة البداية للتفكير في هذا العلم.

ويقصد بالفوضى أيضا عدم انتظام إيقاع النظام، بحيث يظهر هذا الأداء بصورة غير متكررة وغير منتظمة وغير ثابتة، وبالتالي غير متوقعة، ومن هنا يمكن القول كما قال **توماس كون** Thomas Kuhn (1922 - 1996) "بأن الفوضى أو التعقيد، هو نظام أو سلوك شاذ يصعب تفسيره في ضوء براديجم سابق"⁽⁴³⁾ ولقد عبر عنها **هنري آدمز** Henry Adams (1858 - 1918) قائلا "الفوضى غالبا ما تولد الحياة بينما النظام يولد العادة"⁽⁴⁴⁾. كما أكد **بروس ستيوارت** H. Bruce Stewart أن الفوضى هي سلوك عشوائي ظاهر في نظام لاختياري بسيط يشبه عمل الساعة⁽⁴⁵⁾ أما **رودريك ف. جنسن** Roderick V. Jensen، فيصفها بأنها "السلوك غير المنتظم، والذي لا يمكن التنبؤ به للنظم الديناميكية اللاخطية"⁽⁴⁶⁾.

ويعرف **كامبل** Ali Bulent Cambel (1923-) الفوضى بأنها تلازم تعقيد الطبيعة والمعرفة، ويستلزم الجانب الطبيعي من الفوضى تضافر العلوم الطبيعية كافة، بينما تعالج العلوم الإنسانية الجانب المعرفي من الفوضى، وتجد الفوضى تعبيراً عنها إما في شكل صيغة أو دالة أو كليهما، فالفوضى تدرس الاحتمال المتبادل بين الأشياء في حالة البعد عن التوازن والنظام، وعندما تكون منظومة أخرى مفتوحة فإن كلا المنظومتين تتقاطعان وتتشابكان وتتقاربان. وعندما ينشأ الاضطراب من مصدر داخلي أو خارجي في المنظومات الفوضوية، فإنها تظهر سلوكا فوضويا يتضخم على المستوى الميكروسكوبي أو الماكروسكوبي⁽⁴⁷⁾.

وخلاصة القول، يعد مصطلح الفوضى أكثر المفاهيم العلمية تداولاً وذيوعاً في حياتنا اليومية، فكثير منا يعتقد في وجود عدم استقرار، وذلك نظراً لشدة التعقيد والتشابك الذي نواجهه من سرعة إيقاع الحياة وعدم الثبات والتغير المستمر بقوة، وعدم القابلية لتكرار الظواهر أو التنبؤ بها، وعدم الوصول لحلول مرضية للمعادلات في شتى المجالات تقريباً، ويرجع كل ما سبق ذكره إلى التقدم الهائل في تكنولوجيا المعلومات مما أدى إلى عدم انتظام إيقاع النظام، ويمكن أن

نخلص مما سبق إلى أن العلم والعقل بدءا يأخذان مساراً جديداً إلى عدم النظام والفوضى بالمعنى العلمي، أي اللانظام المنظم .

الفوضى في العصر الحديث والمعاصر

تمتد جذور نظرية الفوضى على الأقل إلى قرن مضى، عندما طبق جيمس كلارك مكسويل James Clark Maxwell (1831-1897) هذا التحول في المفهوم العلمي للحسابات الإحصائية على جزيئات الغاز سنة 1860م، ليتوصل إلى فهم وتحليل الآليات الخفية (العشوائية) التي تسبب الحركات والتصادمات لهذه الجزيئات والصفات الظاهرية للغازات...، كال حجم والحرارة والضغط.⁽⁴⁸⁾ ولذا فقد استطاع مكسويل استخلاص النظام من الفوضى التحتية، وكانت النتيجة صاعقة، وبالتالي، فإن كثيراً من الحركات الظاهرية المنتظمة أو المحددة مبنية على أسس أكثر عشوائية وكان من أسباب انتشار وتعمق هذا المفهوم مقارنة مكسويل لنظريته الحركية للغازات بالظواهر الاجتماعية.⁽⁴⁹⁾

وقد بين المؤرخ هنري توماس بـكل Henry Thomas Buckle (1821-1862) أنه لو أخذنا مجموعات كبيرة بما يكفي من البشر فإن عدد الوفيات والأمراض والجرائم والزيجات والانتحارات سيكون ثابتاً بشكل عام. وهذا الثابت بحسب العالم النمساوي لودفيج بولتزمان Ludwig Boltzmann (1844-1906) يمكن تطبيقه على الأحداث التي تجري في حجرة مقفلة تحتوي على غاز، فالأمور، كما يعتقد، لا يمكن أن تتم بشكل مختلف ضمن مجموعة من الجزيئات. وقد أعد الرياضي الإحصائي أدولف كيتليه Adolphe Quételet (1796-1874) علماً جديداً بناء على ذلك هو الفيزياء الإحصائية الاجتماعية.⁽⁵⁰⁾ فقد برهن الرياضي الفرنسي جاك أدامار Jacques Hadamard (1865-1963)، في أواخر القرن الـ19، على النظرية التالية: إن حركة نقطة مادية بلا احتكاك على سطح تعتمد اعتماداً حساساً على الشروط الابتدائية. والمثال الشهير عن هذه النظرية هو كرات البلياردو وكيف أننا لا نستطيع التنبؤ الدقيق باتجاهاتها عندما تصطدم ثلاث منها على الطاولة. وقد فهم العالم بيير دوهم Pierre Duhem (1861-1916) مغزى نظرية أدامار ونشر في العام 1906 ورقة بحثية وضّح فيها بسهولة أن التنبؤ في هذه الحالات "غير مفيد أبداً" بسبب الحاجة إلى المعرفة الضرورية بالشروط الابتدائية غير المؤكدة.

وقد عرف هذا العامل فيما بعد باسم "اثر الفراشة"، فمقدار الاختلاف في قيم البداية لاضطرابين معينين في نسق ماهي ضئيلة جداً، إنها شبيهة بضربات جناحي فراشة، وهذه الظاهرة الشائعة في نظرية الفوضى تعرف أيضاً بحالة الحساسية المفرطة للشروط الأولية، وهذا يعني أن أي تغيير مهما كان طفيفاً في الشروط الأولية يمكن أن ينتج عنه تغيير كبير وبعيد المدى في سلوك النموذج المرصود⁽⁵¹⁾.

أثر الفراشة

في العام 1972 ألقى لورنز محاضرة تحت عنوان "القدرة على التكهن" هل تثير خفقة جناح الفراشة في "هونغ كونغ" عاصفة في "التكساس"؟! ومنذ ذلك الاجتماع شاع مصطلح أثر الفراشة، ويراد بذلك نقل الحساسية المفرطة في الطبيعة إلى جوانب معينة في الظواهر، وتوصل إلى أن أنظمة الجو في الكرة الأرضية حساسة جداً حيث يصبح التنبؤ والتحكم مستحيلين. "إن ضربة جناح واحد للفراشة اليوم ينتج عنه تغييراً طفيفاً في حالة الجو، وبعد فترة من الزمن يبتعد ما يفعله الجو فعلاً عما كان سيفعله، وهكذا خلال شهر من الزمن لن يحدث الإعصار الذي كان سيضرب شاطئ اندونيسيا، وربما يحدث إعصار ما كان له أن يحدث لولا حركة جناح الفراشة"⁽⁵²⁾.

إن القول بأن رفة جناح فراشة في مكان ما قد تسبب إعصاراً في مكان آخر من الأرض بعد عدة سنين، قد يبدو مبالغاً فيه، لكنه منطقي، فتيارات خفيفة تحت سطح البحر على عمق كبير أو انشقاق لا يذكر في قشرة الأرض تسبب فيضانات شديدة وكوارث ككارثة التسونامي المعروفة، عبر انتقال الاهتزاز وتضاعف حجمه، وتسلسل انتقاله من مكان لآخر فلا نعجب إذا علمنا أن هناك نوعاً من الترابط بين اهتزاز التيار تحت الماء الذي قد ينشأ عن ذوبان الجليد في القطب، وحتى بسبب تحرك أحد الأحجار في القاع، وبين سقوط منزل في منطقة بعيدة عن مكان الحجر الساقط. فنظرية الفوضى توضح علاقة توافقية في اتجاه واحد، وتؤكد تسلسلات لأحداث معينة وتتاليها لتنتج أثراً مختلفاً في الزمان والمكان، والصفة النوعية والكمية، والأبعاد عن الحدث الأول، فالأحداث الصغيرة من شأنها أن تنتج كوارث كبيرة غير متوقعة.⁽⁵³⁾ ففي العلم كما في الحياة الحوادث المتسلسلة تصل إلى نقطة حرجة بحيث يتضخم بعدها أثر الأشياء الصغيرة وهذه النقاط تصل إلى كل مكان. فهل تصدق أن انطلاق منبه سيارة قد يؤدي إلى انهيار أحد الجبال، فانطلاق منبهات السيارات داخل الأنفاق الجبلية هي عبارة عن موجات صوتية تنتقل في جزيئات الهواء ثم في جوانب الأنفاق، وتخرق الجدار لتنتقل في ذرات الصخر المكون للجبل مما يؤدي إلى تخلخلها وتشققها، ومن ثمة تصدع الجبل، الأمر منطقي جداً لكنه بعيد المدى فلا

يتصدع الجبل فور إطلاقك لمنبه الصوت، و لكن سنوات من تكرار هذا الفعل كفيلة بإحداث الأثر.

نستنتج إذن، أن هذه النظم الحتمية في إطارها العام والشديدة الحساسية في تأثرها بحالتها الأولية سميت بالنظم "الفوضوية"، ولعله كان من الأنسب لها أن تسمى بالنظم المنضبطة، لأن "الفوضى" الناشئة من هذه النظم ليست صفة ذاتية فيها وإنما هي بسبب عجزنا عن قياس حالتها الأولية، بدقة كافية.⁽⁵⁴⁾ وعلى العكس مما يوحي إليه الاسم، فإن نظرية الفوضى كشفت عن النظام والدقة المختبئين وراء كثير من الظواهر التي تبدو عشوائية في أعيننا لأول وهلة، وأثبتت لنا هذه النظرية أن عدم قدرتنا نحن البشر على معرفة مستقبل الأشياء لا يعني أنها عشوائية، بل إن هذا فقط يعكس عدم قدرتنا على الإحاطة بظروفها ومعطياتها الأولية. وعليه يمكننا القول أن الأحداث العشوائية غير المنتظمة هي في ذاتها أجزاء ضئيلة من منظومة أكيد بالغة التأثير، لها قوانينها الخاصة، وهذا ما دفع البعض إلى محاولة استخدام هذه النظرية في تغييرات أسواق المال، وفي الشركات الكبرى، والسياسة الخارجية، بل في حياتنا اليومية والعادية⁽⁵⁵⁾، إذ أن صرخة عادية في الشارع قد توقض نائما متعكر المزاج ينتهي به اليوم مستقيلا من عمله، أو ابتسامة جذابة من زوجة موظف ينتهي يومه بترقية في وظيفته .

مفاهيم أساسية

لقد ظهرت نظرية الفوضى وازدهرت في كافة المجالات الحياتية تقريبا، نظرا للتقدم الهائل في تكنولوجيا المعلومات التي هي الآن المادة الخام للمعرفة بكل فروعها، ومادام الأمر كذلك وجب علينا من أجل الفهم الواضح للنظرية-معرفة المفاهيم الأساسية لهذه النظرية ومنها:

1- الجملة الخطية أو النظام الخطي: إن الجملة الخطية تساوي مجموع أجزائها بينما

الجملة اللاخطية يمكن أن تكون أكثر من مجموع أجزائها. وهذا يقتضي ضرورة دراسة الجملة ككل وعدم الاكتفاء بدراسة أجزاء الجملة كلا على حدة.⁽⁵⁶⁾ فالنظام الخطي هو النظام الذي تتفاعل فيه متغيرات مختلفة بطريقة تكون فيها الحصلة الإجمالية متأتية من تراكم عوامل سببية مستقلة نسبيا، أما النظام اللاخطي فشيء آخر، إن تغييرا في أي من العوامل سيؤثر في فاعلية الآخر، حتى لو لم يتغير هو نفسه⁽⁵⁷⁾. لكن هذا لا يعني أن اللاخطية في أي نظام تعني بالضرورة أن النظام يتصرف عشوائيا، أو كنظام معقد، كما أن النظام الذي يتصرف عشوائيا وتتجم عنه مظاهر معقدة، هو نظام لاخطي بلا شك.

2- الحركة الشواشية: يمكن تصنيف حركة ما بأنها شواشية إذا أبدت الخواص التالية: المسار الدوري، قابلية التحويل، الحساسية للشروط البدئية والتي تعني أن أي جملتين متماثلتين: تسلكان مسارات مختلفة كلياً ضمن فضائهما الطوري إذا اختلفت الشروط الابتدائية ولو بشكل ضئيل.⁽⁵⁸⁾

3- جواذب الحركة

أهم طرق تمثيل الحركات هي مخططات الطور، حيث يقوم كل محور في نظام الإحداثيات بتمثيل أحد أبعاد حالة الجملة. فمن المؤكد أن مخطط الطور لجملة معطاة يعتمد على الشروط البدئية للجملة إضافة إلى مجموعة من المؤشرات⁽⁵⁹⁾. لكن في الكثير من الأحيان تبين مخططات الطور بأن حركات الجمل تتطور مع الزمن لتؤدي في النهاية نفس الحركة، وذلك مهما كانت الشروط البدئية، كما لو أن الجملة تتجذب لأداء هذه الحركة. لذلك ندعو هذه الأنماط من الحركات الجاذبة للجمل بالجواذب، منها ما هو بسيط على شكل نقطي أو منحنيات دائرية تدعى بالدوائر الحدية. بالمقابل تبدي الحركات الشواشية جواذب غريبة ومعقدة تدعى "بالجاذب الغريب"⁽⁶⁰⁾

*يمكننا أن نستنتج مما سبق أن التقدم العلمي في مجال الطبيعية أدى إلى ظهور نظرية الفوضى التي تصف كونا خاضعا لقوانين رياضية فيزيائية أساسية، ولكن بأسلوب يميل إلى عدم الانتظام وعدم الثبات، والتعقيد والتشعب وعدم القابلية للتنبؤ والتكرار واليقين، وكذا الحساسية المفرطة للبدائيات والحلول الغريبة العاجزة عن تفسيرها، وقد مس هذا التحول الأسس الجوهرية للتصور العلمي، كما أدى إلى انتقال التصور العلمي والفكري من التصور الخطي الذي يؤمن بتنظيم منهجي ثابت تمليه السببية والحتمية، والذي يتسم بثبات القواعد، ومن ثم القدرة على ترقب التطور المحتمل والتنبؤ بكل التحولات الممكنة، إلى تصور مغاير تماما، تمثل في المجال الديناميكي اللاخطي المتغير والمتعدد الأشكال والأبعاد، غالبا ما تكون تأثيراته وامتداداته غير مرتقبة وغير محددة، لتتناقض تماما مع المبادئ التي اعتاد عليها الفكر العلمي لمدة طويلة من الزمن .

لقد أصبح هذا العلم يشكل تصورا وتنظيرا جديدا لتفسير ودراسة الظواهر الطبيعية وحتى الانسانية، لذلك على كل المفكرين اعتماده في تفسيراتهم وتحليلاتهم لمختلف القضايا لتحقيق التجديد الفكري والعلمي معا.

الهوامش:

- ¹ - محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم ، مركز دراسات الوحدة العربية بيروت ، ط 3 ، 1994 ، ص 416.
- ² - يمنى طريف الخولي ، فلسفة العلم في القرن العشرين (الأصول-الحصاد- الآفاق المستقبلية)، سلسلة عالم المعرفة، العدد 264 ،المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ، الكويت، 2000، ص 119 .
- ³ - يمنى طريف الخولي، فلسفة العلم من الحتمية إلى الاحتمية، دار قباء للطباعة والنشر، القاهرة 2001، ص 58.
- ⁴ - جيمس نيومان، رجال عاشوا للعلم، ت أحمد شكري سالم، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 2001، ص 91.
- ⁵ - عبد القادر بشنة ، الابستيمولوجيا -مثال فلسفة الفيزياء النيوتونية-، دار الطليعة ، ط1، بيروت ، 1995، ص 45.
- وأيضا: محمد عابد الجابري، مدخل الى فلسفة العلوم - العقلانية المعاصرة و تطور الفكر العلمي ، ص 273.
- وأيضا: جليس كوهن، الثوابت الكونية ودورها الكوني، ت عبد اللطيف يوسف الصديقي، دار علاء الدين للنشر، دمشق، 2006، ص 23.
- ⁶ - جورج كانغيلام، دراسات في تاريخ العلوم و فلسفتها ، ترجمة محمد بن ساسي ، مراجعة محمد محجوب ، مركز دراسات الوحدة العربية ، ط1 ، بيروت، 2007، ص 90.
- ⁷ - I. Newton , **Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle**. Traduction de la marquise de chastelet . tome 1. Albert Blanchard. Paris 1966. p17.
- ⁸ - عبد القادر بشنة ، الابستيمولوجيا -مثال فلسفة الفيزياء النيوتونية-، ص 102.
- ⁹ - I. Newton. **Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle**. p18
- ¹⁰ - محمود زيان ، الاستقراء و المنهج العلمي، دار النهضة العربية للطباعة و النشر والتوزيع، بيروت، 1999، ص 65.
- ¹¹ - السيد نفادي ، السببية في العلم ، دار التنوير للطباعة و النشر و التوزيع، ط1 ، بيروت، 2006، ص 97.
- ¹² - يمنى طريف الخولي ، فلسفة العلم في القرن العشرين (الأصول-الحصاد- الآفاق المستقبلية)، ص 108.
- ¹³ - جيمس جليك ، الهيولية تصنع علما جديدا ، ترجمة علي يوسف علي ، المشروع القومي للترجمة ، القاهرة 2000 ، ص 50-51.
- ¹⁴ - دافيد روبل، المصادفة و الشواش، ترجمة طاهر شاهين ديمة شاهين، منشورات وزارة الثقافة ، دمشق، 2006 ص 66.
- ¹⁵ - دافيد روبل ، المصادفة و الشواش ، نفس المرجع ، ص 67.
- ¹⁶ - باري باركر ، الهيولية في الكون : التعقيد المذهل للكون، ترجمة علي يوسف علي ، ص 56 و ما بعدها.

17 -- لويس دي برولي، الفيزياء والميكروفيزياء، ترجمة رمسيس شحاتة ، مؤسسة سجل العرب ، القاهرة 1967، ص 15.

18 - يمينى طريف الخولي، فلسفة العلم من الحتمية إلى الاحتمية، ص 357 .

19 - مدرسة كوبنهاجن هم جماعة من الفيزيائيين تجمعت حول نيلز بور (معهد الفيزياء النظرية في كوبنهاجن) في العشرينات و أوائل الثلاثينات من القرن الماضي ، و ذهبت في التفسير الفلسفي للنظرية الكوانتية الحديثة مذهبا خاصا متأثرا بالفلسفة الوضعية (الوضعية المنطقية)، ومن أشهر زعمائها (هايزنبرغ - ماكس بورن - ديراك - شرودنجر) ومن أبرز آراء هذه المدرسة رفضها التام لمبدأ الحتمية العلمية. أنظر محمد عبد اللطيف مطلب، الفلسفة والفيزياء، ج2، الموسوعة الصغيرة رقم 163، ص 111 وما بعدها.

20 - فيرنر هيزنبرغ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية، ت. أحمد مستجير، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة 1972 ، ص 9-10 .

21 - ريشنباخ، نشأة الفلسفة العلمية، ترجمة فؤاد زكريا، ط2 المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، 1979، ص 163-164.

22 - ليونيد بونومارييف، الاحتمالات المثيرة للنظرية الكمية، ترجمة ايمان أبو شادي، مراجعة جلال عبد الفتاح، الألف كتاب الثاني، الهيئة المصرية العامة للكتاب 2007، ص 188-189 .

23 - هايزنبرغ ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، ص 75.

24 - .حسين علي حسين ، فلسفة العلم المعاصر و مفهوم الاحتمال ، ص 83.

25 - يمينى طريف الخولي، فلسفة العلم في القرن العشرين، سلسلة عالم المعرفة، العدد 264، ص 228-229.

26 - 'ن مصطلح الchaos هو عكس الكوزموس cosmos فإذا كان الكوزموس هو الكون النظامي بل هو الذي يسير كالساعة المضبوطة ، فان الكايوس هو الكون المشوش و العشوائي المضطرب الخاضع للعديد من الاحتمالات و الذي يستحيل أن نحدد سلفا مسار دقيقا محتملا لأحداثه ، لذلك يمكن القول إن كايوس chaos اقرب إلى الفوضوية، لقد انهارت صورة الكون الذي يسير في أدق تفاصيله كالساعة المضبوطة، وكشف العلم الجديد "علم الفوضى" chaos science " عن العديد من البنيات و التراكيب العشوائية الخاضعة فحسب لمنطق الاحتمالات والمصادفات ولم يتم الاتفاق على مقابل عربي دقيق لمصطلح الchaos، قيل "علم الفوضى" و "علم الشواش" و "علم الهولوية"... لذلك لا بأس من ترجمته و استعمال لفظ الكايوس والكايوسي .

أنظر: كارل بوبر ، أسطورة الإطار ، ترجمة د يمينى طريف الخولي، سلسلة عالم المعرفة، العدد 292، ص 258.

- وأيضا: جيمس غليك، الهولوية تصنع علما جديدا، المشروع القومي للترجمة، المجلس الأعلى للثقافة، 2000 .

27 - الكوزمولوجية cosmology هي علم الكونيات ، و النظرية الكوزمولوجية هي النظرية الكونية العامة ، أي التي تنظر الى الكون ككل ، من حيث هو كوزموس cosmos أي من حيث هو كون نظامي خاضع لقوانين مما يجعله كونا قابلا لان نحاول تفهمه ، بل و قابلا لان نمارس الحياة أصلا فيه ، إذ يفترض هذا المصطلح أن هذا الكون كوزموس منتظم و ليس هاوية من الفوضى و العماء ، حيث كانت الكوزمولوجية أهم فروع الفلسفة قديما و مازالت وثيقة الصلة بالتصورات الفلسفية و العلمية ، و إن كان علم الفلك في القرن العشرين قد أبلى في الكوزمولوجية و نضجها بلاءا حسنا، خصوصا بعد اختراع المراصد الالكترونية العملاقة و رصد المجرات

البعيدة، وظهور نظرية الانفجار الكبير big bang ومحاولة تفسير نشأة الكون وتطوره، واكتشاف الثقوب السوداء و المادة المظلمة... الخ. أنظر:

- كارل بوبر ، أسطورة الإطار: في دفاع عن العلم و العقلانية ، ترجمة ديمنى طريف الخولي، ص 257 .
28 - د. سمير حنا صادق، الثقافة العلمية والقيم الإنسانية، سلسلة أقرأ، دار المعارف المصرية، العدد 665، ص 33.

29 - سامي خشبة ، مصطلحات الفكر الحديث ، ج 2 ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة ، 2006، ص 149
30- ابن منظور، معجم لسان العرب، مادة الفوضى، ج 5، دار المعارف والدار المصرية، 1711، ص 3485، وما بعدها .

31 - د جميل صليبا ، المعجم الفلسفي ، ج 2 ، ط 1 ، دار الكتاب اللبناني بيروت 1973 ، ص 168-169 .
32- Paul Edward : the encyclopaedia of philosophy " chaos " , vol 2 , p 285

J Clinton sportt, **chaos and time series analysis**, New York, Oxford, university press 2003, p 1.

- أيضا: احمد شفيق الخطيب، معجم المصطلحات العلمية و الفنية و الهندسية، ط 6، مكتبة لبنان، بيروت، 1989، ص 89.

- وأيضا: د علي يوسف علي، الهولوية أو الثورة العلمية الثالثة، الهلال، القاهرة، 1998، ص 118 وما بعدها.
33 - اندريه لالاند ، موسوعة لالاند الفلسفية ، المجلد الأول ، ط 2 ، ص 168 .

- وأيضا: عبدو الحلو، معجم المصطلحات الفلسفية، ط 1، مركز البحوث والتربوية والإنماء، بيروت، 1994، ص 2.
34 - رجب بودبوس ، الفوضوية ، معهد الإنماء العربي ، ط 1، 1989 ، ص 8 .

35 - ديمر سميلجي، النسبية والإنسان، ترجمة محمد العبد، الألف كتاب الثانية، الهيئة العامة للكتاب، ط 2006، 1 ، ص 11 .

36 - د عزيز شفيق ، في ديناميكيات النظم و الفوضى (الشواش أو الهولوية)، منتدى العالم الثالث مشروع مصر 2020 ، ص 2 . وأيضا: ايان ستيفارت، من يلعب النرد: الرياضيات الجديدة للظواهر العشوائية، ت بسام احمد المغربي، دار طلاس للنشر، سوريا، 1994، ص 23 .

37-Edward Craig, **Routledge Encyclopaedia of philosophy Chaos theory**, vol 2, London and New York press 1998, p 276.

38 - د. فايز مراد مينا، منهجية التعقيد واستشراف المستقبل، مشروع مصر 2020، منتدى العالم الثالث العدد 4، مكتبة الانجلو المصرية، 2000، ص 21 .

39 - . فايز مراد مينا، نفس المرجع ، ص 20.

40 - المرجع نفسه ، ص 22 .

41- Daniel Stein , **Lectures in the science of complexity**, vol 1, Rodwood city , C A, Addison-Wesley Publishing-co, 1989

42-Edward Craig : **Routledge Encyclopaedia of philosophy Chaos theory** , vol 2, London and New York press 1998, p 276 .

43 - توماس كون، بنية الثورات العلمية، ترجمة شوقي جلال، سلسلة عالم المعرفة، العدد 168، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، 1992، ص 100 .

44- Cambel A.B, **Applied Chaos theory a paradigm for complexity** ,Washington , Academic press , 1993, p 15.

45 - جيمس غليك، **الفوضى: صنع علم جديد**، ترجمة سامي الشاهد، المجمع الثقافي بأبو ظبي، الإمارات، 2000، ص 391 .

46 - جيمس غليك ، المرجع نفسه ، ص 386.

47- Cambel A.B: **Applied Chaos theory a paradigm for complexity**, p 16.

48 - ايان ستيفارت، "من يلعب النرد: الرياضيات الجديدة للظواهر العشوائية" ، ص 54.

49 - باري باركر ، **الهيولية في الكون: التعقيد المذهل للكون** ، ترجمة علي يوسف علي، المجلس الأعلى للثقافة ، القاهرة، 2002 ، ص 50.

50 - ايان ستيفارت ، "من يلعب النرد : الرياضيات الجديدة للظواهر العشوائية" ، ص 50 .

51 - باري باركر، نفس المرجع ، نفس الصفحة .

52 - ايان ستيفارت ، "من يلعب النرد : الرياضيات الجديدة للظواهر العشوائية" ، ص 132 .

53 - ستيفن ولفرام ، **نوع جديد من العلم : تطبيقات في العلوم الطبيعية و البيولوجية**، عرض صبحي رجب عطا الله ، المكتبة الأكاديمية ، القاهرة ، 2005 ، ص 42-43 .

54 - ارنست زيبروسكي ، **مخاطر كوكبنا المضطرب** ، ترجمة ، مصطفى إبراهيم فهمي، المجلس الأعلى للثقافة، 2003، ص 370

55 - ستيفن ولفرام ، **نوع جديد من العلم : تطبيقات في العلوم الطبيعية و البيولوجية** ، ص 44.

56 - السيد نصر الدين السيد، **الانتظام الذاتي : انبثاق النظام من الفوضى**، المكتبة الأكاديمية القاهرة، 2008، ص 41-42.

57 - السيد نصر الدين السيد ، **الانتظام الذاتي**، ص 42.

58 -- ارنست زيبروسكي : **مخاطر كوكبنا المضطرب**، ترجمة مصطفى إبراهيم فهمي، المجلس الأعلى للثقافة ، 2003، ص 365.

59- Cambel A.B : **Applied Chaos theory a paradigm for complexity** , p16.

و أيضا: - جيمس غليك ، **الهيولية تصنع علما جديدا** ، ترجمة علي يوسف علي ، ص 244.

60 - جون جيريبين ، **البساطة العميقة : الانتظام في الشواش و التعقد**، ص 35.

المراجع

- ابن منظور، معجم لسان العرب، مادة الفوضى، ج5، دار المعارف و الدار المصرية، 1711.
- احمد شفيق الخطيب، معجم المصطلحات العلمية و الفنية و الهندسية، ط6، مكتبة لبنان، بيروت ، 1989 .
- ارنست زيبروسكي : مخاطر كوكبنا المضطرب، ترجمة مصطفى ابراهيم فهمي، المجلس الأعلى للثقافة ، 2003.
- السيد نصر الدين السيد، الانتظام الذاتي : انبثاق النظام من الفوضى، المكتبة الأكاديمية القاهرة، 2008.
- السيد نفاذ، السببية في العلم، دار التنوير للطباعة و النشر و التوزيع، ط1، بيروت، 2006.
- اندريه لالاند ، موسوعة لالاند الفلسفية ، المجلد الأول ، ط2.
- ايان ستيوارت، من يلعب النرد: الرياضيات الجديدة للظواهر العشوائية، ت بسام احمد المغربي، دار طلاس للنشر، سوريا، 1994.
- باري باركر ، الهولوية في الكون: التعقيد المذهل للكون ، ترجمة علي يوسف علي، المجلس الأعلى للثقافة ، القاهرة، 2002 .
- توماس كون، بنية الثورات العلمية، ترجمة شوقي جلال، سلسلة عالم المعرفة ، العدد 168 ، المجلس الوطني للثقافة والفنون و الآداب ، الكويت، 1992 .
- جليس كوهن، الثوابت الكونية ودورها الكوني، ت عبد اللطيف يوسف الصديقي، دار علاء الدين للنشر، دمشق، 2006.
- جميل صليبا ، المعجم الفلسفي ، ج2 ، ط1 ، دار الكتاب اللبناني بيروت 1973 .
- جورج كانغيلام، دراسات في تاريخ العلوم و فلسفتها ، ترجمة محمد بن ساسي ، مراجعة محمد محجوب ، مركز دراسات الوحدة العربية ، ط1 ، بيروت، 2007.
- جون جيريبين ، البساطة العميقة : الانتظام في الشواش و التعقد، ص 35.
- جيمس غليك، الهولوية تصنع علما جديدا، ترجمة علي يوسف علي، المشروع القومي للترجمة، المجلس الأعلى للثقافة، القاهرة 2000 .
- جيمس غليك، الفوضى: صنع علم جديد، ترجمة سامي الشاهد، المجمع الثقافي بأبو ظبي، الإمارات، 2000.
- جيمس نيومان ، رجال عاشوا للعلم، ت أحمد شكري سالم، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 2001.
- حسين علي حسين ، فلسفة العلم المعاصر و مفهوم الاحتمال .
- دافيد رويل، المصادفة و الشواش، ترجمة طاهر شاهين ديمة شاهين، منشورات وزارة الثقافة ، دمشق، 2006.
- ديمر سميلجي، النسبية والإنسان، ترجمة محمد العبد، الألف كتاب الثانية، الهيئة العامة للكتاب، ط 2006.
- رجب بودبوس ، الفوضوية ، معهد الإنماء العربي ، ط1، 1989 .
- ريشنباخ، نشأة الفلسفة العلمية، ترجمة فؤاد زكريا، ط2 المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، 1979.
- سامي خشبة ، مصطلحات الفكر الحديث ، ج 2 ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 2006.
- ستيفن ولفرام ، نوع جديد من العلم : تطبيقات في العلوم الطبيعية و البيولوجية، عرض صبحي رجب عطا الله ، المكتبة الأكاديمية ، القاهرة ، 2005 .

- سمير حنا صادق، الثقافة العلمية و القيم الإنسانية، سلسلة أقرأ، دار المعارف المصرية ، العدد 665 .
- عبد القادر بشنة ، الابستيمولوجيا -مثال فلسفة الفيزياء النيوتونية-، دار الطليعة ، ط1، بيروت، 1995.
- عبدو الحلو، معجم المصطلحات الفلسفية، ط1، مركز البحوث والتربوية والإينماء، بيروت، 1994.
- عزيز شفيق، في ديناميكيات النظم والفوضى (الشواش أو الهولوية)، منتدى العالم الثالث مشروع مصر 2020.
- علي يوسف علي، الهولوية أو الثورة العلمية الثالثة، الهلال، القاهرة ، 1998.
- فايز مراد مينا، منهجية التعقيد واستشراف المستقبل، مشروع مصر 2020، منتدى العالم الثالث العدد 4، مكتبة الانجلو المصرية، 2000.
- فيرنر هيزنبرغ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية، ت. أحمد مستجير، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة 1972 ،
- كارل بوبر ، أسطورة الإطار :في دفاع عن العلم و العقلانية ،ترجمة د يمنى طريف الخولي ،سلسلة عالم المعرفة ،العدد 292
- لويس دي برولي، الفيزياء والميكروفيزياء، ترجمة رمسيس شحاتة ، مؤسسة سجل العرب ، القاهرة 1967.
- ليونيد بونوماريف، الاحتمالات المثيرة للنظرية الكمية، ترجمة ايمان أبو شادي،مراجعة جلال عبد الفتاح، الألف كتاب الثاني، الهيئة المصرية العامة للكتاب 2007.
- محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم ، مركز دراسات الوحدة العربية بيروت ، ط 3 ، 1994 .
- محمد عبد اللطيف مطلب، الفلسفة والفيزياء، ج2، الموسوعة الصغيرة رقم 163.
- محمود زيان، الاستقراء والمنهج العلمي، دار النهضة العربية للطباعة والنشر والتوزيع، بيروت، 1999.
- يمنى طريف الخولي ، فلسفة العلم في القرن العشرين ، سلسلة عالم المعرفة ، العدد 264 .
- يمنى طريف الخولي، فلسفة العلم من الحتمية إلى الاحتمية، دار قباء للطباعة و النشر ، القاهرة 2001.
- Cambel A.B, **Applied Chaos theory a paradigm for complexity** ,Washington , Academic press , 1993.
- Daniel Stein , **Lectures in the science of complexity**, vol 1, Rodwood city ,C A, Addison-Wesley Publishing-co, 1989
- Edward Craig : **Routledge Encyclopaedia of philosophy Chaos theory** , vol 2, London and New York press 1998.
- I. Newton **Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle**. Traduction de la marquise de chastelet .tome 1. Albert Blanchard. Paris 1966.
- I. Newton. **Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle**.
- J Clinton sportt, **chaos and time series analysis**, New York, Oxford, university press 2003.
- Paul Edward : **the encyclopaedia of philosophy " chaos "** , vol 2 ,