

الإرهاصات اللغوية و العلمية لقانون الجاذبية عند نيوتن
Linguistic and scientific implications of Newton's
law of gravity

ط.د. شهبونية منيرة* (1)

جامعة الجزائر 2 أبو القاسم سعد الله

mounirachabounia@gmail.com

هرباجي حميدة

جامعة الجزائر 2 أبو القاسم سعد الله

Harbadjihamida4@gmail.com

تاريخ النشر: 2025/12/26	تاريخ القبول: 2025/12/14	تاريخ الإرسال: 2025/09/08
-------------------------	--------------------------	---------------------------

الملخص:

إن اللغة ليست مجرد وسيلة تواصل بل هي أداة جوهرية في بناء وتقديم العلم. حيث لعبت دورا أساسيا ومحوريا في تشكل طرق التفكير عبر العصور. وكان الفيلسوف اليوناني أرسطو من الأوائل الذين اكتشفوا أهمية اللغة بوصفها أداة للتفكير المنطقي وتنظيم المعرفة. فهو من وضع قواعد المنطق لضبط التفكير الفلسفي والعلمي. كما شدد على أهمية تعريف المصطلحات تعريفا دقيقا يساهم في بناء نماذج عقلية واضحة ومنظمة. وقد استخدم أبحاثه اللغوية والمنطقية لتصنيف العلوم وتقسيمها تبعا للغاية التي يهدف إليها كل علم. فوضع بذلك إطارا نظريا ومنهجيا لتنظيم مجالات التفكير الانساني. مما ساعد في توجيه البحث العلمي والفلسفي. فكل علم مجاله وأدواته ومنهجه الخاص به. وتبعا لذلك فصل بين الفيزياء

* شهبونية منيرة

والرياضيات. فالأول يدرس الجوهر المادي المحسوس الذي يتحرك ويسكن من ذاته ومنهجه هو الملاحظة الحسية للظواهر الطبيعية. بينما موضوع الرياضيات الموجودات اللامتحركة والمجردة. فهو يدرس موضوعاته بعيدا عن خصائص الجسم الطبيعي. ومنه أصبح البحث في الطبيعة لا يخرج عن إطار اللغة الكيفية الوصفية.

لكن تتبع المسار الفكري لصانعي الثورة العلمية. و التي أدت إلى تشكل بنية العقل العلمي الحديث يؤكد قطعهم الصلة مع لغة الكيف التي استعملها أرسطو في أبحاثه الفيزيائية و استعمالهم لغة الكم. هذا الانتقال من لغة كيفية وصفية إلى لغة كمية أنتج إطارا فكريا جديدا وبراديجا ابستمولوجيا قام أساسا على تغير جذري و حاسم على مستوى المفاهيم، فمن مركزية الأرض إلى مركزية الشمس ومن الدائرة إلى الاهليلج ومن السكون إلى الحركة. هذا التغير المفاهيمي أنتج العديد من القوانين العلمية الحديثة مثل قانون سقوط الأجسام وقانون العطالة وقانون المساحات. إن هذه الاكتشافات التدريجية التي ارتكزت أساسا على لغة الكم كانت بمثابة الأدوات النظرية والفكرية التي مهدت الطريق لعمل نيوتن وشكلت الأساس المتين الذي ارتكز عليه لبلورة قوانينه الفيزيائية خاصة قانون الجاذبية. وعليه فإن تعقب المسالك الفكرية لكبار علماء الفيزياء والفلك في القرنين 16 و 17 يؤكد دور اللغة في تطور المعارف الإنسانية و حدوث طفراتها الفكرية ونشوء نظرياتها. و تهدف ورقتنا البحثية إلى تتبع مسارات العلمية التي سلكها العلماء للوصول الى صياغة قانون علمي حول الجاذبية مع نيوتن .

الكلمات المفتاحية: كوبرنيك، نيوتن، اللغة، الجاذبية، القوانين .

الملخص باللغة الأجنبية :

The Language is not merely a means of communication; it is an essential tool in the construction and advancement of science. It has played a fundamental and pivotal role in shaping ways of thinking throughout the ages. The Greek philosopher Aristotle was among the first to discover the importance of language as a tool for logical thinking and the organization of knowledge. He established the rules of logic to govern philosophical and scientific thinking. He also emphasized the importance of precisely defining terms to contribute to the construction of clear and organized mental models. He used his linguistic and logical research to classify and divide the sciences according to the purpose each science pursues. He thus established a theoretical and methodological framework to organize the fields of human thought, which helped guide scientific and philosophical research. Each science has its own scope, tools, and method. Accordingly, he separated physics from mathematics. The former studies tangible material substances that move and rest by themselves, and its method is the sensory observation of natural phenomena. Mathematics, on

the other hand, studies inanimate and abstract entities. It studies its subjects independently of the properties of natural objects. Therefore, research into nature is limited to the framework of qualitative, descriptive language. However, tracing the intellectual path of the makers of the scientific revolution, which led to the formation of the structure of the modern scientific mind, confirms their severance from the language of quality used by Aristotle in his physical research, and their adoption of the language of quantity. This transition from a descriptive qualitative language to a quantitative language produced a new intellectual framework and an epistemological paradigm based primarily on a radical and decisive shift at the conceptual level, from geocentrism to heliocentrism, from the circle to the ellipse, and from rest to motion. This conceptual shift produced many modern scientific laws, such as the law of falling bodies, the law of inertia, and the law of areas. These gradual discoveries, which were based primarily on the language of quantity, served as the theoretical and intellectual tools that paved the way for Newton's work and formed the solid foundation upon which he formulated his physical laws, especially the law of gravitation. Therefore, tracing the intellectual paths of the great physicists and astronomers of the 16th and 17th centuries confirms the role of language in the development of human knowledge, its intellectual breakthroughs, and the emergence of its theories. Our research paper aims to trace the scientific paths taken by scientists to formulate a scientific law of gravitation with Newton.

مقدمة:

إن فيزياء نيوتن هي فيزياء القوة بامتياز، حيث أشار في كتابه " المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية" أن الهدف الأساسي في فلسفته الطبيعية يتمثل في إيجاد القوة المسببة للحركة ، وليس المقصود هنا قوة يدوية كيفية ، بل قوة مجردة كمية قابلة للقياس. وبذلك يُعد نيوتن أول فيزيائي صاغ مفهوم القوة صياغة رياضية، وارتقى بها إلى مصاف المفاهيم المؤسسة لميكانيكا العقلية، بعد فشل روني ديكارت (1596 - 1650) في ذلك، نتيجة غموض مفاهيمه وتناقض تصورات الفيزيائية . إن ما يؤكد المكانة إلى تحتلها القوة في نسق نيوتن الفيزيائي، بنية كتاب " المبادئ " الذي يتكون من ثلاث كتب متسلسلة تسلسلا نسقيا ، يعالج في الكتاب الأول حركة الأجسام، وفي الكتاب الثاني حركة الأجسام في الأوساط المقاومة، وفي الكتاب الثالث نظام العالم. لكن قبل كل هذا يشمل الكتاب مجموعة من التعريفات والبديهيات والملحقات اللغوية التي توضح دلالاتها العلمية، من بينها مفهوم القوة ، إذ مباشرة بعد تعريف كمية المادة وكمية الحركة، يقدم نيوتن عدة تعريفات للقوة، وهي قوة العطالة، القوة المطبوعة والقوة الممركزة بأنواعها الثلاثة المطلقة والمتسارعة والمحركة، ثم استنبط من هذه التعريفات قوانين الحركة، أين ربط بإحكام بين القوة والحركة، وكانت النتيجة قانون التربيع العكسي.

لكن فكر الفيزيائي نيوتن، الذي يمثل تحققا للثورة العلمية الحديثة واكتمالها حيث أد على وجوب كتابة الطبيعة بلغة العدد و تحويل الكيفيات إلى كميات قابلة للقياس، غير أن ذلك لم يكن فجائيا ولا أنيا، بل سبقه ومهد له العديد من العلماء، ذلك لأن الثورات تحتاج إلى وقت لتكتمل وتتجسد على أرض الواقع. لذلك ارتأينا أن نسلط الضوء على أهم الاعلام الذين كان لهم الفضل في بلورة قانون الجاذبية، الذي تحول معه الكون إلى آلة كبيرة تخضع لقوانين ثابتة، تصف حركة كل جسم في الكون وصفا دقيقا ؟

2. نيكولا كوبرنيكوس (1473 - 1543)

إن رصد التحولات الكبرى التي شهدتها العقل العلمي الحديث، وهو ينقد مسلماته ويحدد مفاهيمه و يعيد تشكيل بنيته ، يدعونا إلى الوقوف عند عالم الفلك البولندي كوبرنيكوس. فهو أول من ثار على الأطر الفكرية الموروثة من العصر اليوناني ، والتي اعتمدت أساسا على نموذج أرسطو طاليس (384 - 322 ق.م) الكوني الذي عرضه في كتابه "في السماوات"، أين وضع الأرض الثابتة في مركز المجموعة الشمسية. يقول أرسطو من البديهي إذن أن تكون الأرض بالضرورة في المركز وأن تكون ثابتة⁽¹⁾. وهذا المركز الذي تحتله الأرض هو نفسه مركز الكون، والقول بمركزية الأرض للكون، يقتضي أن يكون الكون كرويا، متناهيًا، تامًا و محدودًا، لأن اللامحدود لا مركز له. لذلك تدور الأجرام السماوية حول الأرض بحركة دائرية متصلة، لما لهذه الحركة من خصائص، تمنحها الأفضلية على الحركات الأخرى. فهي واحدة، دائمة، تمر من نقطة إلى أخرى دون توقف، ليس لها بداية ولا نهاية، بل كل نقاطها لانهاية لأنها متشابهة. ومنه ليس لها حركات مضادة عكس الحركة المستقيمة المنتهية، التي كل شيء فيها محدد، نقطة البداية التي انطلق منها الجسم المتحرك، الوسط الذي يمر به، والنهاية التي يصل إليها. وبما أن الدائرة هي أكمل الأشكال الهندسية. فإن شكل العالم كروي تحتل الأرض مركزه وهي ثابتة، بينما قبة السماء تدور حول الأرض بسرعة ثابتة ومنتظمة، حاملة معها النجوم والكواكب في عالم السماوات أزلي ثابت غير قابل للفساد.

لكن نموذج أرسطو الكوني، لا يتناسب مع معطيات الواقع ، حيث لاحظ علماء الفلك ، أن سرعة الكواكب حول الشمس، ليست ثابتة ولا منتظمة بل يبدو في بعض الأحيان أنها تتوقف أو تتراجع، كما أنهم عجزوا عن تفسير فصول السنة المختلفة ، ولا تغير حجم القمر الذي يبدو أحيانا صغيرا وأحيانا أخرى كبيرا. كذلك لم يستطيعوا تفسير الحركة التراجعية لبعض الكواكب، حيث يبدو في بعض الأحيان أن الكوكب يتوقف أو يتراجع قبل أن يواصل سيره.

إن مثل هذه المشكلات والنقائص الموجودة في النظام الكوني الأرسطي ، دفعت عالم الفلك اليوناني كلود بطليموس (100 – 168 م) إلى إدخال تعديلات وإصلاحات على نموذج أرسطو الفلكي، قصد جعله أكثر انسجاماً مع المعطيات الواقعية ونتائج التجربة. وتمثلت هذه الإصلاحات في إزاحة الأرض عن المركز، الأمر الذي مكنه من تفسير تغير فصول السنة. لكن هذا غير كافٍ لتفسير حركة الكواكب الستة المتبقية وهي عطارد، الزهرة، المريخ، المشتري وزحل ، فأدخل ما يسمى بفلك التدوير Epicycle والناقل Déférent. الأول دائرة صغيرة يدور من خلالها الكوكب حول نفسه، بينما الثاني دائرة كبيرة يدور من خلالها الكوكب حول الأرض ، وبملاءمة هاتين الحركتين الدائرتين، يمكن تفسير الحركة التراجعية لبعض الكواكب. أما مشكلة عدم انتظام حركة الكواكب خلال دورانها حول الأرض، فقد حاول بطليموس تجاوزها ، عن طريق إضافة نقطة خيالية تبعد عن المركز بقدر بعد الأرض عنه سماها المسار Equant . وتبعا لهذه الآلية تظهر الكواكب كأنها تدور حول المركز أي الأرض بحركة دائرية منتظمة. يقول سالم يافوت "اقتراح (بطليموس) دوائر الإسناد وأفلاك التدوير والمقصود بذلك أن الكوكب في اعتقاده يبدو لنا متوقفا عند الحركة أو متراجعا لأنه في دورانه حول الأرض يقطع مدارا دائريا كبيرا هو دائرة الإسناد Cercle de Référence أو Déférent. لكنه لا يقطعه بحركة مستقيمة متواصلة بل بحركة لولبية، راسما بذلك دوائر صغيرة متصلة الحلقات تلتقي بدايتها بنهايتها مكونة في مجموعها دائرة الإسناد أو المدار الفلكي . هذه الدوائر الصغيرة أطلق عليها اسم أفلاك التدوير " (2). وبفضل هذه الإصلاحات فرض نموذج بطليموس نفسه على الدراسات الفلكية لأكثر من ألف وأربعمئة عام ، وأصبح هو المرجعية الأساسية لفهم وتفسير نظام الكون . بل أكثر من هذا تحول إلى نموذج شبه مقدس، تبنته الكنيسة التي هيمنت على السلطة الفكرية ، وحاربت كل من عارضه على أساس أنه خروج عن النصوص الدينية، وتحول بذلك من نموذج يصف حركة الكواكب حول الشمس إلى نموذج يلبي مطالب دينية يصعب الخروج عنها.

لكن كل هذه التعديلات والإصلاحات إلى أدخلها بطليموس على نظام أرسطو الكوني ، أضفت على نموده نوع من التعقيد والغموض. ذلك لأنه يحتاج إلى إدخال الكثير من أفلاك التدوير ومحاور دورانها ودوائر ناقل. كما أن إدخال نقطة وهمية المسماة معدل المسار أثارت حفيظة العديد من علماء الفلك. ورغم هذا التعقيد بقي هو المسيطر، لأنه لا يخرج على الإطار العام الذي يجعل الأرض ثابتة في مركز الكون بينما الشمس وبقية الكواكب تدور حولها. يصف برنار كوهين نموذج بطليموس قائلا: "النجوم، الكواكب الشمس والقمر تنتقل في دوائر، أو تركيبات دوائر. إنها حركته الطبيعية بينما الأرض لا تتحرك بما أنها في مكانها الطبيعي ثابتة في مركز الكون" (3).

في القرن السادس عشر، برز اسم كوبرنيكوس، المتخرج من جامعات كراكوفا ببولندا، بولونيا و بادوا بإيطاليا. أكسبته هذه الدراسات معرفة جيدة في الرياضيات والفلك ، الطب، القانون والفلسفة. ومن أجل التغلب على التعقيدات الموجودة في نموذج بطليموس، اقترح نموذجا أكثر بساطة ، تحتل فيه الشمس المركز، بينما الأرض وبقية الكواكب تدور حولها. يقول ألكسندر كويري " يعيب كوبونيك على علم فلك عصره، تعقيده الشديد، لأن من الأحسن أن يسلم بحركة الأرض، على حسب قوله، وإن بدا ذلك سخيًا، على أن يترك فكره مضللًا ومشتتا بعدد يكاد يكون لا نهائيا من الدوائر⁽⁴⁾. هذه البساطة أكسبت نموذج كوبرنيكوس، شكلا موحدا، منظما ونسقيا ، حيث قام بحسابات فلكية، رتب من خلالها مواقع الكواكب بادئا بالأقرب، عطارد، الزهرة، الأرض ، المريخ، المشتري وزحل. ولاحظ أن سرعاتها تتغير تبعا لقربها أو بعدها عن الشمس، فكلما كان الكوكب بعيدا عن الشمس كلما كان الزمن الذي يستغرقه للدوران أطول من الكوكب الذي يكون أقرب منها. وهذا ما يفسر عدم انتظام حركة الكواكب حول الشمس، وعليه فليست عملية توقف الكواكب، تراجعها أو تباطؤها إلا خداعا بصريا، حيث يسبق الكوكب القريب من الشمس الكوكب الأبعد منها. لذلك يبدو لنا من موقع الأرض أن الكوكب يتوقف أو يتراجع قبل أن يكمل دورته فما هي إلا حركات ظاهرية، تتحول إلى حركات منتظمة إذا وضعنا الشمس في مركز الكون عوض الأرض. وعليه فإن تفوق نموذج كوبرنيكوس يكمن يقول كويري " في استبدال واقع أكثر نسقية وتنظيما بكثير من العوالم غير المنسجمة عند أرسطو طاليس و بطليموس " ⁽⁵⁾

إن اعتماد مبدأ البساطة وتوخي النظام والنسقية، منح نموذج كوبرنيكوس الأفضلية على النموذج الأرسطي - البطليموسي، وأنهى بذلك 14 قرنا من الاعتقاد بمركزية الأرض لذلك مثل نقطة تحول أساسية في تاريخ البشرية، حيث لم تعد الأرض تشغل مركز الكون كما كان يعتقد الإنسان منذ آلاف السنين بل كوكب مثل بقية الكواكب يدور حول الشمس ، ومنه لم تعد الأرض ثابتة وإنما متحركة. يقول فابيان شاركس " إن الثورة الكوبرنيكية قائمة أساسا على تأكيد الحركة المزدوجة للأرض ⁽⁶⁾ . وإذا لم تعد الأرض ثابتة في مركز الكون، فقد الإنسان مركزيته ومنه أفضليته على الكائنات الأخرى. ولم يعد هناك فكرة التراتب التي ترى أن لكل موجود موضعا خاصا في الكون يتناسب مع قيمته. هذه النظرة موجودة في فكر أرسطو الذي نظم الكون بطريقة هرمية، وضع في أدنى السلم الكائنات غير الحية، لأن لا حياة فيها لا تنمو ولا تتحرك مثل الحجارة. ثم تليها في سلم الترتيب النباتات فهي حية تنمو لكنها لا تتحرك وسماها النفس النباتية، فهي أكثر كمالا من الجماد لكنها أقل كمالا من الحيوانات التي تملك حياة حركة وشعورا، سماها النفس الحيوانية. في درجة أعلى نجد الإنسان الذي يجمع بين كل خصائص الحيوان بالإضافة إلى العقل وسماها النفس العاقلة. بالتالي هو أعلى الكائنات الطبيعية، ولا يعطيه درجة إلا المحرك الذي لا

يتحرك أي الإله. لكن دمج الأرض بالسماء وتقديم نظرية للكون جديدة أفقد الإنسان علوه على الكائنات الأخرى.

هذه النظرية الجديدة للكون هي البداية الفعلية للعلم الحديث . يقول برنار كوهين " غالباً ما ينظر إلى سنة 1543 على أنها السنة التي نشأ فيها العلم الحديث"⁽⁷⁾ لأنها السنة التي نشر فيها كتاب كوبرنيكوس "حول الأجرام السماوية" . وفتح بذلك المجال لميلاد علم جديد ، غير من خلاله نظرنا إلى الكون فهما للطبيعة وموقعنا فيها.

لكن اعترض نموذج كوبرنيكوس الكثير من الصعوبات، فرغم توخيها البساطة والنسقية. إلا أن لم يفلت من التعقيد . يقول برنار كوهين "لا نظام بطليموس ولا نظام كوبرنيك كانا بأي معنى من معاني الكلمة بسيطين " ⁽⁸⁾ . ويظهر هذا التعقيد خاصة عندما، من جهة تخلي كوبرنيكوس عن معدلات السير أو الإيكونات التي أدخلها بطليموس، تلك الآلية التي أزاحت الأرض عن المركز، لكن من جهة أخرى أدخل أفلاك التدوير من أجل الحفاظ على فكرة الحركة الدائرية التامة ، فخرس بذلك ميزة البساطة إلى اكتسبها بفضل نموذج مركزية الشمس. فقد أراد الحفاظ على الإطار العام للنظرية الكونية الأرسطية البطليموسية ، هذا الإطار القائم أساساً على فكرة الحركة الدائرية التامة. فبما أن الأرض كروية ، يجب أن تكون لها حركة دائرية وهي الحركة الأساسية في النظام القديم منذ أن دَوّن أفلاطون (347 - 427 ق.م) ذلك في كتابه طيماوس أين اختار للعالم الشكل الكروي ، لأن الدائرة أكمل الأشكال تبعد فيه كل النقاط عن المركز بعداً متساوياً، وبذلك تتشابه أجزائها والشبيه أفضل وأكمل من اللاشبيه. وبما أن الشكل كروي فإن الحركة التي تلائمه هي الحركة الدائرية. وهذا يعني أن كوبرنيكوس لم يقطع الصلة كلياً مع النظام الكوني القديم بل أراد فقط إصلاحه، أي أن تعويض الأرض بالشمس في مركز العالم كان الهدف منه إمكانية حساب حركة الكواكب بدقة والتنبؤ بمواقعها بهدف تحسين النتائج الفلكية، وليس التخلي عن كل مبادئ النظام القديم. فماعد إزاحة الأرض عن المركز وتحريكها ، تبدو أفكار كوبرنيكوس أقرب إلى الكسمولوجيا التقليدية. وما يؤكد ذلك أن نموذج الفلكي الجديد لم يلعب أي دور في فيزيائه، بل بالعكس يقول جبرار جورلان " سوف يفكر في نظامه الفلكي في إطار الفيزياء الأرسطية ⁽⁹⁾ . لأنه تمسك بالحركة الدائرية المنتظمة للأجرام السماوية، رافضاً فكرة وجود كون دون أن يكون له مركز في الوسط. كما حاول إضفاء نوع من الانسجام والبساطة على النموذج الأرسطي البطليموسي عن طريق وضع الشمس في مركز الكون عوض الأرض، ومنه كان هدفه الإصلاح وليس التغيير، وبذلك بقي وفياً للكسمولوجيا التقليدية، مما أدى إلى استمرار مشكل عدم تطابق الحسابات الفلكية مع البيانات الرصدية. ثم إن وضع الشمس في المركز وجعل الأرض تدور حولها يتعارض مع فيزياء أرسطو، التي ميزت بين عالم السماوات وعالم الأرض ،

هذه الأخيرة ثقيلة فمكانها الطبيعي هو مركز الكون ، بينما الكواكب والشمس لا ثقل لها فمكانها الطبيعي السماوات. وعليه لا يمكن تغيير النظام الفلكي دون تغيير الإطار الفيزيائي . كل ما فعله كوبرنيكوس أنه قدّم تعديل بسيط في مفهوم الثقالة، ناتج عن إزاحة الأرض عن مركز الكون، ويتمثل في أن الأجسام الثقيلة لا تتجه كلها إلى مركز الكون. مثلما أقر بذلك أرسطو، بل هناك مركز للثقل لكل كوكب، ومنه فإن مركز الأرض ليس هو مركز الكون . بل هو مركز جاذبية الأرض والكرة القمرية فقط، نظرا لتشابه عناصرها ، لأنه إذا تم الفصل بين عناصر متشابهة، فإنها تميل إلى الاجتماع والوحدة مرة أخرى. يقول بيير دوهيم "استحضر كوبرنيك هذا الميل من أجل شرح الثقالة الخاصة بكل كوكب"⁽¹⁰⁾ . إن مثل هذه الثغرات الموجودة في نموذج كوبرنيكوس عجلت بضرورة إقامة فيزياء جديدة تتسجم مع النموذج الفلكي الجديد، وهذا ما سوف يقوم به عدد من العلماء من بينهم.

3. يوهانز كبلر (1571 - 1630)

عالم فلك ألماني، والمؤسس الحقيقي لعلم الفلك في العصر الحديث . ولد بإقليم فرنتيمبرغ و زاول دراسته في جامعة توبينغن، كان بارعا في الرياضيات والدراسات الفلكية ، إلا أن غايته الأولى ، كانت دراسة علم اللاهوت، ألف كتابه الأول سر العالم سنة 1595 ، وأظهر فيه إعجابه الشديد بنموذج كوبرنيكوس يقول ألكسندر كوبري "إن نظام كوبرنيك هو النظام الصحيح بالنسبة إلا كبلر"⁽¹¹⁾. لذلك كان معارضا لكل التأويلات المضادة لنموذج كوبرنيكوس، لأنه حسب كبلر خلّص علم الفلك من عدد كبير من الدوائر والأفلاك التي أثقلته لمئات السنين، وقد ظهرت اهتماماته اللاهوتية في هذا الكتاب، حيث أن الإله لم يخلق الكون عبثا، بل خلقه وفق خطة محكمة، تعكس عظمته وقدرته ، فهو خالق الكون ومنظمه، فكان يرى في العالم نموذجا للكمال الإلهي فما هو إلا كتابا إلهيا مكتوبا بلغة الرياضيات . لذلك لا يجب التوقف عند الطبيعة المنظمة للكون ، بل يجب البحث عن علته. يقول ألكسندر كوبري " يعتبر كبلر أنه من المعقول تماما البحث عن المبادئ المعمارية التي حددت بنية الكوسموس وتكوينه " ⁽¹²⁾ . مثل التساؤل لماذا عدد الكواكب، ستة وليس أربعة أو عشرة ؟ ولماذا تتغير سرعة الكواكب تبعا لبعدها أو قربها من الشمس.؟. وطبعا العقل الرياضي هو الوحيد القادر على الإجابة على مثل هذه التساؤلات، واكتشاف مبادئ الكون وقوانينه، التي لا يمكن أن تكون إلا رياضية .

ولم يكتف كبلر بالبحث عند القانون الرياضي الذي يفسر بنية الكون ومبادئه، بل بحث عن العلة الفيزيائية التي تفسر حركة الكواكب . وقد أرجع هذه العلة إلى الشمس، بعد ما أرجعها كوبرنيكوس إلى مركز فلك الأرض. يقول برنار كوهين " رفض كبلر الفكرة الكوبرنيكية التي حسبها جميع المدارات

الكوكبية يجب أن تتمركز في نقطة في منتصف قطر المدار الأرضي⁽¹³⁾، وهذا يعني أن كوبرنيكوس لم يمنح الشمس دورا فيزيائيا، بل ركّز على موقعها كمركز هندسي للكون، فهي على الأكثر مصباح يمد الكون بالنور أو الضوء، بينما بالنسبة إلى كبلر ليست الشمس مركزا هندسيا فقط، بل مركزا حركيا أيضا، فهي التي تمد الكواكب بالقوة التي تمكنها من الدوران حولها، وهذه القوة تكبر أو تصغر تبعا للمسافة، لذلك الكواكب القريبة أسرع من الكواكب البعيدة عن الشمس. فما رفضه كبلر هو الدور السلبي للشمس من ناحية التقنية، وهذا ما فعله كوبرنيكوس عندما رد حركة الكواكب إلى فلك الأرض، بينما بالنسبة إلى كبلر لا يمكن أن يكون مصدر هذه القوة نقطة وهمية بل جسم مادي حقيقي، منه فإن الشمس هي التي تحرك الكواكب.

لقد كان كبلر مدركا أن أبحاثه الفلكية، بحاجة إلى بيانات ومعطيات رصدية تؤكد صحتها، وقد تسنى له ذلك عام 1600، عندما أصبح مساعد للعالم الفلك الدانمركي تيكو براهي (1546-1601) هذا الأخير الذي كرس حياته لتجميع أكبر قدر ممكن من الملاحظات الدقيقة حول حركة الكواكب، حيث قضى تقريبا مابين (1576 - 1596) وهو يراقب حركة الأجرام السماوية. بأدوات صنعها بنفسه، فمكنه هذا من رصد نجمة جديد في السماء، وهو ما يتعارض مع الأفكار السائدة آن ذاك، من أن عالم السماء ثابت أزلي لا يتغير. ومع انضمام كبلر لفريق عمل تيكو براهي. طُلب منه صياغة نظرية في حركة كوكب المريخ، باعتبار أن مداره هو الأكثر خروجا عن المركز مقارنة بالكواكب الأخرى، وعندما مات تيكو براهي عام 1601، عُين كبلر بصفة رسمية في منصب رياضي البلاط للملك رودولف الثاني و آلت إليه البيانات الرصدية التي جمعها تيكو براهي لسنوات. وبناءا عليها حاول حل مشكلة حركة المريخ. لكن في كل مرة كان يجد عدم تطابق بين عمليات الحساب ومعطيات الرصد، فكان هناك دائما انحرافا بين الدائرة والمدار الحقيقي يُقدر بحوالي 8 دقائق قوسية، وبعد العديد من المحاولات أستبعد فكرة مدار دائري لأنه كان يعلم أن براهي راصدا دقيقا ولا يمكن أن يرتكب مثل هذا الخطأ، وعليه استغنى كبلر عن المدار الدائري و عوّضه بالمدار الإهليلجي. يقول كبلر "لم ينته عملي المتعب إلا عندما أثبت بواسطة براهين شاقة للغاية، ومع استعمال ملاحظات كثيرة أن مسار الكوكب في السماء ليس دائرة وإنما هو مسار بيضاوي إهليلجي تماما"⁽¹⁴⁾. ومع تغيير مسار الكوكب من دائري إلى الإهليلجي، أستطاع كبلر وضع قوانين ثلاثة تصف حركة الكواكب حول الشمس، أعلن عن قانونيه الأول و الثاني عام 1609 في كتابه "علم الفلك الجديد"، وعن قانونه الثالث عام 1619 في "كتابه في تناغم العالم" ينص القانون الأول على أن الكواكب تدور حول الشمس في مدارات إهليلجية تقع الشمس في إحدى بؤرتيه، وهو قانون يصف المسار الصحيح للكوكب، بمعنى أن الكواكب تسير في قطاعات ناقصة، والشمس لا تكون في

المركز بل في إحدى البؤرتين. وهذا ما يتعارض مع النموذج القديم القائم على المدارات الدائرية ، كما يفسر هذا القانون سبب اقتراب الكوكب من الشمس أحيانا وابتعاد عنها أحيانا أخرى . وينص القانون الثاني على أن الخط الواصل بين الشمس والكوكب يقطع مساحات متساوية في فترات زمنية متساوية ، فيصف بذلك السرعة المتغيرة للكوكب أثناء الدوران ، حيث تتزايد سرعته عندما يقترب من الشمس وتتناقص عندما يبتعد عنها ولأن هدف كبلر ، كان بلورة علم فلك جديد ، تكون قوانينه صالحة على كل الكواكب . فإن القانون الثالث يربط بين الزمن الذي يستغرقه الكوكب أثناء دورانه و بعده عند الشمس . و ينص على أن مربع الزمن من الدورة المدارية للكوكب حول الشمس يتناسب طرديا مع مكعب متوسط البعد عن الشمس . استطاع كبلر أن يصف بدقة حركة الكواكب حول الشمس دون الحاجة إلى نظام الدوائر، وأن يصوغ القوانين التي تصفها صياغة رياضية لكن كل نظام فلكي جديد يحتاج إلى نظام فيزيائي جديد.

فبعدها قدم أرسطو نظرية كوسمولوجية متكاملة، محكمة الصياغة تنسجم فيها أفكاره الفلكية مع أفكاره الفيزيائية. كان من الضروري أن تتغير النظريات الفيزيائية تبعا لتغير النظريات الفلكية. وقد أشرنا إلى أن كوبرنيكوس لم ينجح في ذلك بل بقي محافظا على الإطار العام لفيزياء أرسطو. هذا الأخير الذي قسم العالم إلى قسمين مختلفين، عالم ما فوق فلك القمر وعالم ما تحت فلك القمر، يتركبان من مادتين مختلفتين، الأثير وهو العنصر المكون للأجرام السماوية، لا خفة ولا ثقل له ، وبما أن طبيعة الجسم تحدد طبيعة الحركة، فإن حركة الأثير دائرية ، متصلة أزلية، فهو إذن عالم الكمال والأزلية. وهناك عالم ما تحت فلك القمر، يتكون من العناصر الأربعة التراب، الماء، الهواء، والنار، حركتها مستقيمة إما إلى أعلى وإما إلى أسفل العناصر الخفيفة مثل الهواء والنار إلى أعلى، والعناصر الثقيلة مثل التراب و الماء إلى أسفل. أما حركة الأجسام المركبة من أكثر من عنصر، فستكون حسب العنصر المسيطر عليها ، فإذا كانت العناصر الغالبة هي الثقيلة. كانت الحركة إلى أسفل ، وإذا كانت العناصر الغالبة هي الخفيفة كانت الحركة إلى أعلى، وهذا يعني أن لكل جسم حركته الخاصة بهالتي يتجه من خلالها إلى مكانه الطبيعي، الذي يبقى مستقرا فيه ما لم يتعرض لمؤثر ما يحول سكونه إلى حركة . فالأصل في الأشياء السكون وليس الحركة، أي أن الجسم لا يتحرك إلا للوصول إلى مكانه الطبيعي. ومنه فان سبب سقوط الأجسام ذاتي داخلي، فهي تسقط نحو مركز الأرض بحكم ثقلها الذي يدفعها إلى الرجوع إلى مكانها الطبيعي في حالة الابتعاد عنه.

لكن إزاحة الأرض عن مركز العالم، وجعلها تتحرك بعدما كانت ثابتة واستبدال الحركة الدائرية بالحركة الإهليلجية، سوف يؤدي حتما إلى الخروج عند الإطار الفيزيائي الأرسطي. الذي أصبح لا ينسجم مع

المعطيات العلمية الجديدة. وفعلا رفض كبلر أفكار أرسطو الفيزيائية، خاصة التقسيم الذي أقامة بين أجسام خفيفة و أجسام ثقيلة. فكل الأجسام على سطح الأرض ثقيلة ما عدا ما هو غير مادي مثل القوة المغناطيسية أو الضوء، أما سبب ارتفاع بعض الأجسام إلى أعلى. فيرجع إلى أن هناك أجسام أثقل منها تدفعها إلى أعلى يقول بيير دوهيم "لا يتمثل فعل النار في الوصول إلى المحيط الذي ينهي العالم لكن الهروب من المركز. ليس مركز الكون، لكن مركز الأرض، وليس باعتبار هذا المركز نقطة، لكنه باعتباره في وسط جسم، هذا الجسم المعارض لطبيعة النار"⁽¹⁵⁾ هو الذي سوف يدفع النار إلى أعلى، إذن لا وجود لأجسام خفيفة وأخرى ثقيلة بطبيعتها.

و إذا كان هذا الميل الداخلي الذي يدفع الأجسام إلى الحركة للوصول إلى مكانها الطبيعي غير موجود، فإن ما يسبب عملية سقوط الأجسام علة خارجية، تتمثل في الجاذبية الموجودة بين الأجسام المتشابهة يقول كوبري " يعلن كبلر حقيقة أن نظرية الثقالة، يجب أن تتأسس على بديهية الجاذبية المتبادلة بين الأجسام الثقيلة، فالحجر يجذب الأرض بقدر ما هو منجذباً إليها ⁽¹⁶⁾. فإذا وضعنا حجرين في مكان ما في الفضاء ، بعيدا عن تأثير جسم ثالث يشبههما ، فإن كليهما يجذب الآخر ، وقد شبه هذه الجاذبية بالمغناطيس مثل الانجذاب الموجود بين الحديد والمغناطيس . لأنه كان متأثراً بأعمال الطبيب الانجليزي ويليام جيلبرت (1544 – 1603) الذي أستعمل الملاحظة والتجربة من أجل وضع أول تحليل علمي للمغناطيس . وهذه الجاذبية التي يقول بها كبلر متناسبة مع مقدار كل جسم ، بحيث لو لم تكن هناك قوة معينة تمسك القمر في فلكه ، والأرض في فلكها فإن كل واحد منهما سوف يقترب من الآخر ويلتقيان في نقطة وسط بينهما، لكن الأرض سوف تقطع مسافة أكبر نظرا لكبر مقدارها مقارنة بالقمر . وهذا ينفي وجود مركز للعالم تتجه إليه الأجسام الثقيلة. فهي لا تتجه إلى مركز العالم باعتباره مركزا للعالم. لكنها تتجه إلى جسم كروي يشبهها، أي الأرض. ولو أرحنا الأرض عن المركز. ووضعنا مكانها القمر فإن الأجسام الثقيلة سوف تتجه دائما نحو الأرض، وليس نحو القمر، رغم أنه هو الذي أصبح يحتل مركز العالم . يقول بيير دوهيم " مهما كان المحل الذي نضع فيه الأرض فإن الأجسام الثقيلة سوف دائما تتجه إليها. ⁽¹⁷⁾.

لقد أستطاع كبلر أن يرجع سبب سقوط الأجسام إلى علة خارجية سماها الجاذبية ، بعدما كانت ذاتية داخلية عند أرسطو، وأن يجعلها تتناسب مع كتلتها، إلا أن جاذبيته ليس كونية، وإنما تحدث فقط بين أشياء متشابهة أو من طبيعة واحدة ، لذلك يقول كوبري " تحدث بين الأرض والقمر وليس بين الأرض والكواكب، ولا بصفة عامة بين الكواكب ، فهي ليست من طبيعة واحدة وليست متشابهة ⁽¹⁸⁾. وبذلك لم

يستطع التخلص من نظريته الكيفية للكون ، وتمييزه بين الأجسام المتشابهة وغير المتشابهة ، مما منعه من الوصول إلى قانون كوني يجمع بين كل الأجسام .

4. غاليليو غاليلي (1564 – 1642)

يُعد الفيزيائي الإيطالي غاليلي من أهم مؤسسي الثورة العلمية في القرن السابع عشر، لما قدّمه من اكتشافات في المجالين الفلكي والفيزيائي . وقد استعان في أبحاثه بالرياضيات، حيث لا سبيل لفهم الطبيعة إلا بتكميمها ووضعها في قوالب رياضية، فقد أعطى للعلم الحديث منهجه الكمي التجريبي جمع فيه بين التجربة والصياغة الرياضية ، ذلك لأن الطبيعة تعمل وفق قوانين رياضية محددة، لهذا ينبغي استبدال لغة الكيف التي استعملها أرسطو في علمه بلغة الكم . وهذا يتطلب التمييز بين الصفات الأولية الموضوعية الموجودة في الجسم، سواء أدركها الإنسان أم لم يدركها مثل الشكل والحركة، والصفات الثانوية الذاتية الناتجة عن التفاعل الموجود بين الجسم والعالم الخارجي مثل اللون والطعم، الرائحة والصوت. وبما أن الصفات الأولية موجودة حقيقة في الأشياء ولا يمكن أن تتغير بتغير من يدركها، فهي إذن قابلة للقياس ومنه للدراسة الموضوعية، عكس الصفات الثانوية فهي غير موجودة في الأشياء ومنه غير قابلة للقياس ولا للدراسة الموضوعية العلمية. وهكذا بفضل المنهج الذي أستخدمه غاليلي في أبحاثه الفيزيائية ، لم يعد الأسلوب العلمي يعتمد على مجرد الوصف الخارجي للظواهر وإنما ضرورة تكميمها ، وصياغة القوانين العلمية صياغة رياضية .

وقد ساهمت اكتشافات غاليلي الفلكية في القضاء نهائياً على التقسيم الذي أقامه أرسطو بين عالم ما فوق فلك القمر عالم الكمال والأزلية، وعالم ما تحت فلك القمر عالم الكون والفساد. حيث لاحظ من خلال تلسكوب صنعه بنفس هو وجهه نحو السماء أن سطح القمر مليء بالجبال والهضاب والوديان، كما اكتشف أقمار المشتري الأربعة، وعدد لا يحصى من النجوم لا ترى بالعين المجردة، وأن للشمس الكثير من البقع أصبحت تعرف فيما بعد بالبقع الشمسية. وهذا يعني أن نموذج أرسطو الكوني لا أساس له من الصحة، فنفس المادة التي تتكون منها الأرض تتكون منها الكواكب، كما أن الأرض ليست هي مركز العالم، بما أن أقمار المشتري تدور حول المشتري وليس حول الأرض. والنتيجة يقول كوبرنيك " قوانين السماء وقوانين الأرض قد اندمجت الآن معا " (20) كما أكدت هذه الاكتشافات صحة نموذج مركزية الشمس لكوبرنيكوس. لذلك دافع عنه غاليلي ، ليس فقط هذا بل أثبتته تجريبياً في كتابه " حوار حول النظامين الرئيسيين في العالم " عام 1632.

وبعد نشر أفكاره الفلكية في كتاب رسول الكواكب عام 1609. أهتم غاليلي بالأبحاث الفيزيائية وخاصة علم الميكانيك، حيث انكب على دراسة حركة الأجسام والقوى المؤثرة عليها في كتابه محاورات حول علمين جديدين عام 1638. و أنتجت دراساته ما يعرف بقانون سقوط الأجسام ، حيث كان الاعتقاد السائد الموروث من الفيزياء الأرسطية، أن الأجسام الثقيلة تسقط أسرع من الأجسام الخفيفة . لكنه برهن غاليلي على خطأ هذه النظرية، وذلك عندما لاحظ أن للوسط دور في تفاوت سقوط الأجسام ، حيث تغيير وسط السقوط يؤدي إلى تغيير النتائج المتحصل عليها ، فلو أسقطنا الذهب والرصاص والنحاس ومواد أخرى ثقيلة في الزئبق، نلاحظ أن الذهب هو الوحيد الذي يسقط في قاع الإناء، بينما بقية المعادن تبقى على السطح. لكن لو تم تغيير الوسط مثلاً من الزئبق إلى الهواء، فإن جميع المعادن سوف تسقط تقريباً بنفس السرعة. وهذا دليل على أن لمقاومة الوسط دور في تفاوت سقوط الأجسام، بحيث كلما كان الوسط أكثر مقاومة ازداد تفاوت سقوط الأجسام، وكلما كان أقل مقاومة كلما نقص تفاوتها. ومنه عند إزالة مقاومة الوسط سوف تسقط كل الأجسام بنفس السرعة . إذا كل الأجسام تسقط في الفراغ بنفس السرعة مهما كان وزنها ومهما كانت طبيعتها. إن عملية السقوط غير مرتبطة بطبيعة الجسم، بل بالوسط الذي يسقط فيه، فالخشب ثقيل في الهواء، لكنه أقل ثقلاً في الماء. وهذا يعني أن الخفة والثقل خاصيتين نسبيتين، فهناك وزن نسبي للجسم يكون حسب الوسط الذي يسقط فيه، وهناك وزن حقيقي ومطلق للجسم لا يكون إلا في الفراغ.

بعدما حدد غاليلي سبب تفاوت سقوط الأجسام، أهتم بمعرفة سرعتها، فلاحظ أن الأجسام تتسارع فالجسم الساقط لا يتحرك بسرعة ثابتة، بل تزداد سرعته تدريجياً، وتبعاً لذلك حاول استنباط القانون الرياضي الذي يفسر الحركة المتسارعة . إلا أن دراسة عملية سقوط الأجسام مستحيلة نظراً لسرعتها، وهنا فكر غاليلي في تجربة تمكنه من إبطاء عملية السقوط، فلجأ إلى تجربة السطح المائل ، حيث صنع سطحاً مائلاً وجعل كرة تتحدر من أعلى السطح إلى أسفله، ليحدد العلاقة بين ثلاث متغيرات، الزمن المسافة والسرعة. واكتشف أن المسافة المقطوعة تتناسب طردياً مع مربع الزمن، حيث كلما طال زمن السقوط زادت المسافة التي يقطعها الجسم بمعدل ثابت دون أن يؤثر وزن الجسم في ذلك. وهكذا تحولت ظاهرة السقوط الأجسام إلى علاقة رياضية بين مسافة السقوط وزمنه.

ثم لاحظ غاليلي أن الجسم المتدحرج من أعلى إلى أسفل، لا يتوقف عن الحركة عندما يصل إلى أسفل السطح المائل، بل يستمر في الحركة بسرعة ثابتة ، فمتى وجدت الحركة استمرت دون الحاجة إلى علة. وهذا ما يتعارض مع فيزياء أرسطو التي أقرت أن الجسم يحتاج إلى قوة دائمة ليبقى في حركة. بينما بالنسبة إلى غاليلي فإن حركة الأجسام تتباطأ بسبب قوى الاحتكاك التي لو أزيلت يبقى الجسم في حالة

حركة . فيكون بذلك مَهْدَ لمبدأ العطالة دون أن يستطيع بلورته في صورته التامة والنهائية، لأنه لم يستطع التفكير خارج إطار الحركة الدائرية والكون المتناهي ، فبالنسبة إلى غاليلي يقول الكسندر كويري " الحركة الدائرية تحتل في الواقع الفيزيائي وضعية مميزة للغاية" (23).

لقد قدّم غاليلي في كتابه "علمان جديان" دراسة دقيقة للحركة وأنواعها، كالحركة المنتظمة و المتسارعة. واستطاع بذلك تفسير كيفية سقوط الأجسام ، لكنه من جهة أخرى عجز عن تفسير سبب سقوطها، بل أرجع ذلك إلى وجود مبدأ داخلي هو الذي يجعلها تسقط نحو المركز المشترك للأجسام الثقيلة، يقول غاليلي " أقول إذن أن الجسم الثقيل يملك طبيعياً مبدأً جوهرياً للتحرك نحو المركز المشترك للأجسام الثقيلة بمعنى الأرض، بحركة دائماً و باستمرار متسارعة" (24) لكنه لم يفسر طبيعة هذا المبدأ الداخلي الذي يجعل الأجسام تسقط نحو الأرض.

5. إسحاق نيوتن (1642 – 1727)

لقد استفاد نيوتن من جهود السابقين، إذ تُعد أعماله حصيلة مسار مهني طويل وجهد فكري عميق دام لمئات السنين، حيث استطاع أن يجمع بين قوانين كبلر الفلكية، وقوانين غاليلي حول سقوط الأجسام في نظام كوني واحد محكم الصياغة. إذ وضع قوانين ثلاثة ، تصف علاقة القوة بالحركة . ينص القانون الأول على أن الجسم يحافظ على الحالة التي يكون عليها، من سكون أو من حركة منتظمة في خط مستقيم، ما لم تؤثر عليه قوة ما تجبره على تغيير حالته . وهذا يعني أنه إذا تم عزل جسم من الأجسام عن كل القوى التي من الممكن أن تؤثر عليه، سيبقى إما ساكناً، أما إن بدأ يتحرك، فسوف يستمر في حركته، حركة مستقيمة منتظمة، لذلك هو عاجز أو عاطل عن الفعل، دونما تدخل قوة تعمل على تغيير سرعته أو اتجاهها أو الاثنين معاً. ويمكن أن نرمز إليه بـ: $\sum F = 0$. أما القانون الثاني فينص على أنه إذا أثرت قوة ما على جسم أكسبته تسارعاً، ويكون هذا التسارع متناسباً طردياً مع مقدار القوة، ويكون في نفس اتجاه القوة. فإذا لاحظنا تغيراً في حركة الجسم، إما بازدياد السرعة أو تناقصها أو تغير اتجاهها أو هما معاً، أدركنا أن هناك قوة خارجية غيرت مسار الجسم. فالقوة فعل يمارس على الجسم بهدف تغيير حالته، وتوجد فقط أثناء تأثيرها وتزول بزوال المؤثر، بينما يحافظ الجسم على حالته الجديد عن طريق القصور الذاتي. والقوة الواحدة تنتج تسارعاً يتناسب عكسياً مع كتلة الجسم، فإذا كانت الكتلة كبيرة يكون التسارع أصغر، أما إذا كانت الكتلة الصغيرة كان التسارع أكبر. ومنه فإن التسارع الناتج عن قوة تؤثر على جسم ما يتناسب طردياً مع القوة وعكسياً مع كتلة الجسم وفق المعادلة $F = m.a$. وينص القانون الثالث، على أنه لكل فعل رد فعل، مساوي لع في المقدار معاكس له في الاتجاه. وكمثال على ذلك الطيران

الصاروخي، فعندما تتدفع الغازات الساخنة إلى الخلف يندفع الصاروخ إلى الأمام ويمكن أن نرسم إليه ب: $F_1 = F_2$ ، فهو قانون يوضح فكرة أن القوى تمثل التداخل بين الأجسام .

إن نفس القوة التي تتسبب في تسارع الأجسام الساقطة نحو الأرض، هي التي تحرك الكواكب حول الشمس، سماها نيوتن الجاذبية وعرفها قائلًا: " لا أستخدم هذا اللفظ هنا سوى للدلالة وعلى العموم على قوة ما ، والتي تنزع الأجسام من خلالها نحو بعضها بعض بالتبادل " (25) . وهذه القوة التي تجعل الأجسام تتجاذب فيما بينها طردا حسب الكتلة وعكسا حسب مربع المسافة. يمكن أن نرسم إليها: ب: $ق\ ثا = ك^1 ك^2 / م^2$ ، بحيث أن $ق$ هي قوة الجذب المتبادلة بين الجسمين $ك^1$ و $ك^2$ ، و $ثا$ هو ثابت الجذب العام، و $م$ هي المسافة. ويسمى قانون التربيع العكسي لأن مقدار القوة يتناسب عكسيا مع مربع المسافة بين جسمين . فوضع بذلك ولأول مرة في تاريخ الإنسانية، قانون يحكم أي حركة في هذا الكون. وبهذا تم توحيد الفيزياء السماوية والفيزياء الأرضية. وقد تأكد نجاح هذه الفكرة بنجاح تطبيقها على ظواهر مثل المد والجزر، وحركة المذنبات وشكل الأرض... إلخ. بفضل هذا الاكتشاف قدم نيوتن في "كتابه المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية" تفسيراً جديداً لنظام الكون بديلاً للنظام الذي سبق وأن قدمه ديكارت. وأصبح ينظر إلى الكون على أنه آلة عملاقة تعمل بدقة، وعليه يمكن التنبؤ بما ستفعله الآلة قبل كل شيء.

6. خاتمة:

إن عمل نيوتن أكبر مثال على أن العلوم والمعارف الإنسانية مترابطة، يغذي بعضها بعضاً، ففكرة كوبرنيكوس التي وضعت الشمس في المركز عوض الأرض، ما كان لها أن تكتسب أهميتها، لولا ما قدمه العديد من العلماء، الذين طوروها وحولوها إلى فهم شبه كامل عن الطبيعة. فلكل نظرية، مهما كانت عبقرية صاحبها بذور فكرية أولى غرسها علماء وفلاسفة، ساهمت أفكارهم في الثورة عن الفكر القديم بمفاهيمه ومناهجه، وإحلال نمط فكري جديد، تحول معه الكون إلى ساعة كبيرة تعمل بدقة متناهية، حيث تسيير الظواهر في اطراد وفق قوانين دقيقة، تمكنا من التنبؤ بها. هذا الفهم الجديد الذي سوف يتزعزع مرة أخرى، ابتداء من القرن العشرين، نتيجة ظهور كوكبة أخرى من العلماء، انطلقوا من الشغرات والنقائص التي تركها علماء العصر الحديث، من أجل تقديم فهم جديد للطبيعة.

5. قائمة المراجع:

- (1) - Aristote, Traité du ciel, Traduit en français par T. Barthélemy saint –hilaire, paris, librairie philosophique de l'arange, 1866 livre II, CHXIV, § 5.
- (2) – سالم يافوت، الفلسفة و العلم في العصر الكلاسيكي- سيادة التصور الميكانيكي، بيروت، المركز الثقافي العربي، الطبعة الأولى، 1989، ص 18.
- (3) - Bernard Cohen, Les origines de la physique moderne, Paris, petite bibliothèque Payot, 1962, P42
- (4) - Alexandre Koyré, la révolution astronomique- copernic- Kepler Borelli, Paris, HEMANN, 1961, P45
- (5) - Ibid, P53
- (6) - Fabien Chareix, (La revolution galilienne, cosmos et univers), Paris Ellipses editions Marketing, 2001, P27.
- (7) - Bernard Cohen, Les origines de la physique moderne, P32
- (8) - Ibid, P53
- (9) - Gerard Jorlan, La science dans la philosophie, France, Editions Gallimard, 1981, P 167
- (10) - Pierre Duhem, La théorie physique, son objet, sa structure, Paris, Chevalier et riviére, 1906, P 377
- (11) - Alexacler Koyré, La Révolution astronomique, Copernic Kepler Borelli, P130
- (12) - IBbid, P122
- (13) Bernard Cohen, Les origines de la physique moderne, P138
- (14) - cité Par AlexanderKoyré, LaRévolutionastronomique – copernic Kepler Borelli, P228
- (15) Pierre Duhem, La théorie physique, par objet, sa structure, P382

- (16) -Alexander Koyré, Etudes Newtoniennes, Paris, Edition Gallimard,1968, P12
- (17) - Pierre Duhem, La Théorie physique, son objet, sa structure, P382
- (18) - Alexandre Koyré, Etudes Newtoniennes, Paris, P13
- (19) -Alexandre Koyré,Etudes d'histoire de la Pensée scientifique, France, Editions Gallimard, 1973, p170.
- (20) – ألكسندر كويري ، دراسات غاليلية ، ترجمة يوسف بن عثمان ، تونس ، منشورات دار سيناترا، ص 267
- (21) - Cité Par Robert Signore, L'histoire De La chute des corps - D'Aristote A Einstein, Paris, Vuibert, 2008, P52.
- (22) - Isaac Newton, Traité d'optique, Traduit Par Coste, Amsterdam, chez Pierre Humbert, 1720, Livre III, question 31, P535