الفصل الأول

نظرة كوبرنيقوس للعالَم

obeikandl.com

obeikandl.com

الغرض الذى يستهدفه هذا الكتاب، أن يكون بمثابة مدخل إلى المشكلات الكبرى للمكان والزمان والحركة، فالمسائل التى يهتم بها، هى مسائل مغرقة فى القدم. فالبشر، منذ أزمان سحيقة، كانوا يصيغون أفكارهم عن المكان والزمان، وطفقوا يكتبون ويناضلون دفاعًا عن هذه الأفكار بشغف كاف وعلى نحو بالغ يصل إلى حد التعصب، لقد كان هذا نضالاً غريبًا حقًا، يرتبط ارتباطًا ضئيلاً بالضروريات الاقتصادية، ويتعامل دائمًا مع أشياء مجردة وبعيدة تمامًا عن حياتنا اليومية، وليس لها تأثير مباشر على أنشطتنا اليومية، فما حاجتنا لأن نعرف أن الشمس تدور حول الأرض أو العكس؟ وعلى أية حال، ما شأننا نحن بهذا الموضوع ؟ هل من الممكن أن تكون هذه المعرفة مفيدة لنا ؟

ما نكاد نطرح هذه الأسئلة حتى نصبح على بينَّة من سخفها، وقد لا يكون لها أى نفع لنا، ولكننا مع ذلك نريد أن نعرف شيئًا ما عن هذه المسائل، إننا لا نريد أن نسير فى هذا العالَم مغمضى العينين، بل نرغب فيما هو أكثر من مجرد الوجود، إننا فى حاجة إلى هذه المنظورات الكونية Cosmic Perspectives كى نستطيع أن نتلمس موضعنا من هذا العالَم، إن الأسئلة القصوى، كالتساؤل عن معنى أفعالنا، ومعنى الحياة بصفة عامة، دائمًا ما تحتوى على مسائل فلكية، هنا يكمن الغموض الذى يحيط بعلم الفلك، كما يكمن الاندهاش بمقدار ازدياد إدراكنا للمسافات الفضائية الهائلة، وللطبيعة الداخلية، هنا مصدر علم الفلك بقدر ما هو مصدر الفلك الشعبى.

ولقد تباعد هذان الفرعان – علم الفلك، والفلك الشعبى – إبان تطورهما. علم الفلك، كعلم، وصل إلى المرحلة التى نسى فيها اندهاشه البدائى، وعوضًا عن ذلك، أقترب من عالَم النجوم ببحث متأن وإحصاء دقيق، وزالت الدهشة أمام موضـــوعه

الذى تناولته الدراسة العلمية، وتطور علم الفلك بدرجة كبيرة أكثر مما يتخيل الإنسان العادى. وعندما نلاحظ علماء الفلك اليوم كيف يجرون قياساتهم، ويسجلون ملاحظاتهم، ويقيمون حساباتهم، وإلى أى حد لا يهتمون إلا اهتمامًا ضئيلاً بالتأملات المبهمة، فإن المرء تتولاه الدهشة إذ يجد بناءً مذهلاً عن المعرفة الدقيقة والمحكمة داخل مجال محدود، ولا يوجد شيء أكثر مدعاة للخطأ أو قابل لمزيد من الاعتراضات من شعور بعض الناس بالخسارة الفادحة من جراء تلاشى نزعة الغموض إزاء السماء، ومع أن العلم حطم بعض الأوهام الساذجة، فهو قد أحل محلها شيئًا آخر عظيمًا يجعلنا نتحمل فقدان هذه الأوهام.

لاشك أن الأمر قد اقتضى نشاطًا ودأبًا لفهم اكتشافات العلم، غير أن من يأخذ على عاتقه هذه الدراسة، عرضةً لأن يتعلم أشياء تدعو لمزيد من الدهشة عن تلك التى تكشف عنها الدراسة الساذجة للطبيعة، ولقد كان لعلم الفلك تأثيره البالغ على التفكير اليومى والتصور الشعبى للكون، فإذا صعب علينا اليوم أن ننطق باسم **كوبرنيقوس** Copernicus دون أن نفكر فى نقطة التحول التاريخية، فإن هذا يتم ليس فقط لارتباط اسم كوبرنيقوس بالتحول الهائل فى العلم، لأن كل معرفتنا وتفكيرنا قد تأثرا تأثرًا عميقًا بالكشف العلمى الذى حققه هذا العالِم، فالقول بأن الأرض لا تحتل مركز العالَم لا يعنى أنه مجرد حقيقة فلكية، إننا نفسر هذا القول بوصفه تأكيدًا على أن الإنسان ليس هو مركز هذا العالَم، وأن كل ما يبدو لنا عظيمًا وهائلاً هو فى الواقع أقل أهمية عندما يقاس بمعايير الكون، ولقد أصبح ممكنًا تقبل هذه الحقيقة نتيجة للتطور العلمى عبر آلاف السنين، ومع ذلك فهذه الحقيقة تتعارض على نحو واضح مع خبرتنا المباشرة.

تطلب القول بأن الأرض لا تحتل مركز العالَم قدرًا هائلاً من مران الفكر للاعتقاد فى صحة مثل هذا القول، ونحن لا نشعر اليوم بهذا، لأننا نشأنا منذ الطفولة فى كنف التصور الكوبرنيقى للعالَم، ومع ذلك لا يمكن إنكار أن التصور الكوبرنيقى يتعارض مع شهادة حواسنا، وأن كل بيِّنة مباشرة Immediate

evidence تبيّن لنا أن الأرض تقف ساكنة بينما تتحرك السماء، ومن منا يستطيع أن يؤكد بكل جدية، أنه قادر على تخيل الحجم المروّع للشمس، أو أنه يدرك المسافات الفلكية التى تزدرى كل طرق القياس الأرضية ؟ إن أهمية كوبرنيقوس تتمثل على وجه الدقة فى حقيقة أنه قد ناهض بجلاء الاعتقاد القديم المعضّد بكل الخبرات الحسية المباشرة، لقد استطاع كوبرنيقوس القيام بهذا الدور بفضل ما كان لديه من فكر ومعطيات علمية متراكمة، ولأنه هو نفسه سلك طريق التحرر من الأوهام فى المعرفة قبل أن يصل إلى هذا المنظور الجديد والواسع.

لو حاولنا أن نتتبع – فى الصفحات التالية – تطور مشكلتى الزمان والمكان، بدءًا من كشف كوبرنيقوس، وانتهاء بنظريته التى مازالت حتى اليوم أقل قبولاً، فلن يكون لدينا خيارًا آخر سوى أن نطبق الفكر العلمى المحكم فى كل خطوة نخطوها، وينبغى أن نضيف : إن اكتشافات العلم الحديث قد تحققت بسبب وفرة المواد العلمية الجديدة، فلم تكن نظريات أينشتين نتاجًا لأفكار فلكية فحسب، بل استندت إلى حقائق النظرية الكهربائية والنظرية الضوئية أيضًا، ولن يكون فى وسعنا فهم هذه النظريات إلا بالقدر الذى نكون فيه على دراية بمصادرها، هذا الاشتقاق من مصادر عدة هو سمة مميزة لنظرية النسبية The Theory of Relativity، ففى حين أن المصدر الحديث قد أدى إلى ظهور نظرية النسبية الخاصة The Special Theory of Relativity التى امتزجت فى إطارها المعرفة القديمة والجديدة فى وحدة رائعة.

فى هذا الفصل سوف نبحث فى المادة القديمة، وفى الفصلين التاليين سنقدم النظرية النسبية الخاصة وأصلها، أما الفصول الثلاثة الأخيرة فسوف نخصصها لعرض نظرية النسبية العامة.

وجد كوبرنيقوس أن الصورة السائدة للعالَم ترتد إلى اليونانيين القدماء. فلقد

وُضِعَ نظام للعالَم حوالى عام 140 ميلاديًا على يد بطليموس كلوديوس (*) السكندرى Ptolemy Claudius of Alexandria أوجزه فى كتابه الشهير "المجسطى" Almagest. والسمة الغالبة والهامة لنظام بطليموس للكون هى القول بأن الأرض مركز العالَم، وأن الكرة السماوية تدور حولها، وعرف بطليموس إلى حد كبير أن الأرض لها نفس الشكل الكرّى أسفل الأفق والمُسلم بوجوده أعلى الأفق. حقيقة قد عرف بطليموس أن الأرض كروية، وبراهينه على هذه النتيجة مستمدة من معرفة وفيرة بعلم الفلك، وبادئ ذى بدء، أوضح بطليموس وجود انحناء من الشمال إلى الجنوب، فكما أن النجم القطبى Polar Star يكون عاليًا من الشمال ومنخفضًا فى الجنوب، ينبغى أن يكون سطح الأرض بالتبعية منحنيًا، إن الدليل على وجود انحناء من الغرب إلى الشرق يمكن اكتشافه حتى بالملاحظة الجيدة، وعندما تُضبْطَ الساعات بالشمس فى موضعين معينين غربًا وشرقًا، لوحظ خسوف القمر Eclipse of The Moon فإن هذا الخسوف سوف يُرى فى زمنيين مختلفين، ومع هذا فالخسوف حادثة مفردة وموضوعية يجب أن يُرى فى كل مكان فى وقت واحد، من ثّم نستنتج أن الساعتين فى المكانين ليستا على اتفاق، ويمكن

(*) يحيط الغموض بسيرة حياة بطليموس، فلسنا نعلم على وجه الدقة أين ولد ولا متى كان مولده ومماته، وقد قيل أنه ولد فى مصر ونبغ فى الإسكندرية فى النصف الأول من القرن الثانى الميلادى، وقد دون بطليموس نظريته الفلكية فى الكتاب الذى أسماه العرب "المجسطى" والذى يعد دائرة معارف فلكية فى وصف السماء ومدارت النجوم وحركات الشمس والقمر والكواكب. كان هذا الكتاب مرجعًا فى الفلك حتى عصر "كوبرنيقوس" و"كبلر". وفيه اعتقد بطليموس أن الأرض مركز الكون.

قسم بطليموس الدرجات إلى دقائق وثوان وحسب النسبة التقريبية، وتضمن كتاب المجسطى رسمًا توضيحيًا لمواقع أكثر من ألف نجم وكوكب. يحتوى الكتاب بعضًا من المعلومات الجغرافية، وقائمة لبعض الأماكن مشارًا إلى مواقعها طولاً وعرضًا (بالنسبة لخط الاستواء).

وتذهب إحدى الروايات إلى أن "بطليموس" بلغ من العمر ثمانية وسبعين عامًا، وزعم "سويداس" Sidas أنه كان لا يزال حيًا فى عهد "مرقس أوريليوس" (إمبراطور من سنة 161 إلى 180)، ولنا أن نستنتج من ذلك أن "بطليموس" ولد فى نهاية القرن الأول.

(المترجم)

تعليل ذلك بتقوس الأرض فى الاتجاه من الغرب إلى الشرق، فالشمس تمر بـــدائرة خط الزوال فى لحظات مختلفة وأماكن مختلفة.

على الرغم من أن بطليموس قد أقر كروية الأرض، فإنه لم يعترف بحركتها، بل على العكس تمامًا، دافع بشدة عن استحالة تحرك الأرض، سواء أكانت حركة دوران أم تقدم، فبالنسبة للقضية الأولى اعترف بطليموس بإمكانية مثل هذا الرأى مادمنا قد أدخلنا فى اعتبارنا حركة النجوم، ومع هذا فإننا حين نأخذ بعين الاعتبار كل ما يحدث حولنا وفى الهواء نجد أن تصور حركة الأرض يصبح فى هذه الحالة تصورًا منافيًا للعقل على نحو واضح، فالأرض أثناء دورانها سوف تُخلِف الهواء وراءها، كما ستُخلف وراءها الأشياء التى يحتويها الغلاف الجوى، كالطيور المحلقة التى لن تتمكن من اللحاق بدوران الأرض، فسوف يتحتم عليها بدورها أن تتخلف، كذلك الأمر بالنسبة للحركة التقدمية للأرض، فهى مستحيلة بنفس القدر، لأن الأرض فى هذه الحالة ستترك مجال السماء، وسنرى جزءًا صغيرًا من الكرة ليلاً، فى حين نرى الجزء الأكبر نهارًا.

يتضح للمرء من خلال هذه الحجج أن الفلكى العظيم (*) قد كرس فكرًا جادًا للعناية بمسالة كروية الأرض، وعلى ضوء معرفة بطليموس المحدودة بالميكانيكا والفضاءات السماوية، فإن استدلاله قد بدا مقنعًا تمامًا، وبالنسبة لاعتراضه الأخير فإنه ما كان يشك فى أن المسافات الواقعة بين النجوم The Interstellar Distances هى مسافات هائلة بحيث تجعل الانحراف الجانبى للأرض غير قابل للملاحظة على الاطلاق.

وفقًا للنسق الفلكى عند بطليموس تتميز الكواكب بحركة مشتركة، فمسار الكواكب كما يُلاحظ فى السماء يتم تحديده عن طريق تطابق المدارات الدائرية،

(*) يقصد بطليموس.

ونتيجةً لذلك نشأ ما يُسمى باسم "أفلاك التدوير" (**) Epicycles. وينبغى على المرء أن يعترف بأن بطليموس قد فهم بعمق طبيعة الحركات الكوكبية. وعندما نطلع على تصور كوبرنيقوس نكتشف الحقائق المستوحاة من "المدار الدائرى" عند بطليموس. إن حلقة مسار الكواكب تعكس حركتها المزدوجة فيما يتعلق بالأرض، فمن ناحية تتحرك الكواكب فى دائرة حول الشمس، ومن ناحية أخرى تُلاحظ هذه الحركة من على سطح الأرض التى تدور بدورها حول الشمس.

إن تصور بطليموس للعالَم قد هيمن على عقول المثقفين أكثر من ألف سنة. لقد احتاج **نيقولا كوبرنيقوس** (***) Nicolaus Copernicus لقدر عظيم من

(**) فلك التدوير Epicycle هو مدار كوكبى صغير يقع مركزه على محيط مدار كوكبى أكبر يسمى بالمدار الكوكبى أو الفلك الحامل، وذلك طبقًا لنظرية بطليموس لنظام المجموعة الشمسية الذى مركزه الأرض. وقد أُدخِل فلك التدوير فى نموذج النظام الشمسى البطلمى لمحاولة تفسير ظاهرة الحركات التقهقرية للمريخ والمشترى وزحل. (المترجم)

(***) وُلِدَ "كوبرنيقوس" فى بلدة "ثورن" Thorn ببولندا فى التاسع عشر من فبراير عام 1473، وتوفى فى "فراونبورج" Frauenburg فى الرابع والعشرين من مايو عام 1543. وكان ينتمى إلى عائلة ثرية من أصل ألمانى تعمل بالتجارة.

إن ما يُعْرَف عن طفولة "كوبرنيقوس" وحداثته هو نزر قليل، ولكن يبدو أنه تلقى مبادئ اللغتين اليونانية واللاتينية فى داره، فلما نال منهما قسطًا كبيرًا، بُعِثَ به إلى جامعة "كراكو" Krakow ليتعلم صناعة الطب فيها، فما لبث حتى تبين فى نفسه ميلاً إلى العلوم الرياضية والفلسفة والطبيعة، فأقبل عليها من دون أن يهمل علوم الطب.

أكمل دراسته فى جامعة "كراكو" فى أوائل العقد الأخير من القرن الخامس عشر، ولما تخرج منها بلقب دكتور فى الفنون وعلوم الطب، أقام مدة وجيزة فى "ثورن" ثم سافر إلى إيطاليا – التى قضى وقتًا طويلاً فيها – حيث تتلمذ على يد الفلكى المشهور فى ذلك العصر، دومينكو ماريا نوفارا" وكان "كوبرنيقوس" عند وصوله إلى روما فى الثالثة والعشرين من عمره.

بدأ حياته رجلاً من رجال الدين، وعين بعد تخرجه من الجامعة بوظيفة تتعلق بالتشريع الكنسى Canonicus بكاتدرائية "فراوينبرج" وظل فى هذه الوظيفة بقية حياته.

اهتم "كوبرنيقوس" بدراسة الأجرام السماوية" رغم قلة الأدوات الفلكية فى عصره، غير أن هذا لم يضعف من عزمه المشبوب بحب المعرفة، بل شحذه، وقد ثبت من النتائج التى توصل إليها، إنه كان راصدًا مدققًا وعالمًا بارعًا.

=

استقلال الفكر، ومعرفة علمية واسعة كى يُقَوض الصرح الراسخ الذى شيدّه بطليموس، إن تبصر كوبرنيقوس بالعلاقات القصوى للطبيعة هو وحده الذى منحه القدرة على إدراك الطرق الجديدة المؤدية إلى الحقيقة.

إن كاهن فراونبورج (*) Frauenburg قد عُرِفَ طويلاً كعالِم فلك قبل أن تُعرض أفكاره الجديدة، وكان كوبرنيقوس قد درس كل أفرع العلم فى إيطاليا، وعمل كطبيب وشماس فى كنيسة بمسقط رأسه، وكانت معرفته الفلكية موضع تقدير لدرجة أن مجلس الأعيان رجع إليه عام 1514 ليدلى برأيه فى المسائل المتعلقة بتعديل التقويم الميلادى. تبلورت أفكار كوبرنيقوس الجديدة وهو فى الثالثة والثلاثين من عمره، ومع هذا لم ينشرها فى ذلك السن، بل كرس السنوات التالية من عمره للتوسع فى نظرياته وتدعيمها تدعيمًا تامًا، فلم يُنْشَر خلال حياة كوبرنيقوس سوى مقتطفات من مذهبه، أما كتابه الرئيسى المسمى "عن دوران الأجرام السماوية" of Celestial Bodiesiontathe Rot فلم يظهر إلا بعد وفاته عام 1546، ولم يتمكن كوبرنيقوس من قراءة براهين نظرياته إلا على فراش الموت، وهكذا فشل فى ملاحظة أن صديقه أوسيندر Osiander قد زود كتابه بمقدمه احتوت على حلول وسط حذرة تتفق مع آراء الكنيسة.

وإذا فحصنا البراهين التى قدمها كوبرنيقوس لنظريته الجديدة، سنجدها غير كافية من وجهة نظر المعرفة التى لدينا اليوم، ولكنه كان قادرًا على الاستشهاد

= اكتشف "كوبرنيقوس" النظرية القائلة بمركزية الشمس Heliocentric وأحدث ثورة فى مجال علم الفلك حين أكد دوران الأرض حول الشمس، فانتزع الإنسان من مكانته التى أعتصم بها بكبرياء معتبرًا نفسه مركز الكون وغايته، لقد بدت ثورة كوبرنيقوس فى أول الأمر وكأنها مجرد هدم لآراء بطليموس، والحقيقة أنها أعمق من ذلك بكثير، فقد أحدثت تحولاً فكريًا هائلاً، حتى أن الفليسوف الألمانى كانط Kant أراد أن يحقق فى فلسفته ثورة مماثلة لتلك التى حققها كوبرنيقوس فى مجال الفلك. (المترجم)

(*) يقصد كوبرنيقوس. (المترجم)

بالآراء التى تتلاءم مع البساطة الشديدة التى يتميز بها نظامه، فهو لا يرى أن النجوم تتحرك بسرعة ضخمة فى مداراتها الهائلة، ووجد الأقرب إلى الصحة أن الأرض تدور حول محورها، لذلك فإن سرعة الحركة الموضعية فى كل نقطة معينة تعتبر أصغر بالمقارنة بالسرعة الأصلية لحركة الأرض بدرجة كبيرة، ويرد كوبرنيقوس على اعتراض بطليموس قائلاً إن هذا الأخير اعتقد أن حركة دوران الأرض تتضمن القوة، بينما هى فى حقيقتها حركة طبيعية تختلف قوانينها تمامًا عن قوانين الحركة الاهتزازية المفاجئة، ومع أنه من المؤكد أن هذه الأمور كلها غير حاسمة، فنحن نعلم اليوم أن نظرية نيوتن تقدم أول برهان حقيقى على تصور كوبرنيقوس للكون، وفى هذا دلالة كافية على أن الأفكار الجديدة تستقر دعائمها بفضل قوتها الذاتية المحضة قبل أن يتأكد صدقها موضوعيًا بزمن بعيد.

ومن ناحية أخرى، فإنه من المهم أن نعترف بأن نظرية كوبرنيقوس قدمت حسابًا للحركات الظاهرة للكواكب على درجة عالية من الدقة، وأن الجدولة Tabulations – والتى يُطْلَق عليها اسم "الجداول اللحظية" – المصاحبة لها أكثر نفعًا من الحسابات القديمة، وهنا يكمن أحد الأسباب التى أدت بالعلماء إلى قبول نظام كوبرنيقوس. ومن المسلم به – حتى من وجهة نظر حديثة – أنه يمكننا الحصول عمليًا على نتائج تماثل النتائج التى تأتينا عن طريق نظام بطليموسى مُنَقَّح، فضلاً عن ذلك فقد قام كوبرنيقوس بحساب أنصاف أقطار المدارات الكوكبية The radii of the planetary orbits بدقة تامة (تصل إلى أقل من 1٪). وفى الحقيقة لقد علم كوبرنيقوس أن الشمس يجب أن تكون مزاحة عن مركز المجموعة الشمسية، لأن الفرض المناهض لهذا القول أدى إلى تناقضات ملموسة يمكن تقديرها.

مازالت الفجوة شاسعة بين هذا الكشف والتعرف على الشكل البيضاوى للمدارات. فضلاً عن كل هذا، فإن الدلالة الحاسمة لهذه الحقيقة تتطلب أجهزة فلكية

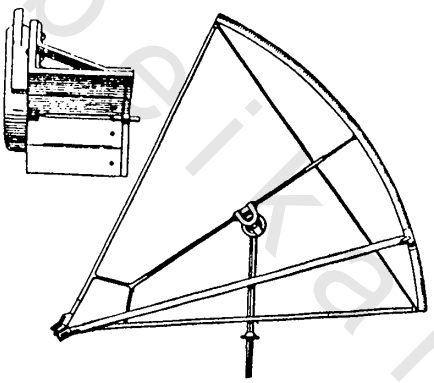
أدق، ويجب علينا فى هذا الصدد أن ننظر بعين التقدير إلى تيكو براهى (*) Tycho Braho الذى ذاع صيته كمصمم لأجهزة متفوقة لا كباحث نظرى، والذى ظل يعمل تحت رعاية الملك الدانمركى عشرات السنين فقد شيد قلعة أورانى Uranienbury على جزيرة متصلة بمستعمرة كبيرة حيث تُعد له أجهزة دقيقة فى مصانع خاصة، ومن المدهش أن نعلم أن الأجهزة التى أنتجها بهذه الكيفية كانت شديدة الدقة، فبينما اضطر كوبرنيقوس، على سبيل المثال، للاكتفاء بقياسات تصل إلى 10 درجات من القوس 10 of the arc، وهذا يقابل تقريبًا زاوية مغطاة بقطعة عملة فئة خمسة قروش على مسافة ستة أمتار، فإن "تيكو" قد أزاد دقة القياس حتى وصل به إلى نصف دقيقة من القوس. وهذه الزاوية هى التى تكون محصورة بين قطعة العملة نفسها على مسافة 120 مترًا، وبالطبع فإنه باستخدام الأجهزة المتاحة لنا اليوم، يمكننا أن نقيس بدقة زاوية تبلغ $\frac{1}{100}$ من الثانية من القوس، ولحصر مثل هذه الزاوية الصغيرة ينبغى أن نضع قطعة العملة على مسافة 360 كيلومترًا.

ويرجع الفضل فى هذه الدقة أساسًا إلى استخدام المنظار المُقرّب. أما "تيكو" فقد كان مضطرًا للعمل بدون منظار مُقرَّب، ومازال أحد أجهزة قياس ارتفاع

(*) كان عالم الفلك الدانمركى تيكو براهى (1546 – 1601) ثريًا ومن أسرة نبيلة، خصص ثروته وهدايا الملك "فرديرك" من أجل تشييد معمل يحتل جزيرة بأسرها فى الأرخبيل الدانمركى هى جزيرة هفين Hveen قرب إلزنوير Elseneur، وأطلق على معمله هذا اسم "قلعة أورانى" (وهو اسم آلهة الفلك Uraniebury)، وظل طوال عشرين عامًا، وبمعونة تلاميذه، يجمع ملاحظات أكملها بعد ذلك فى هلشتين Holstein تحت رعاية الأمبراطور "ردولف" حين طُرِدَ من البلاد، فأضطر إلى مبارحة جزيرته ومعداته ووطنه الأصلى، ثم اتخذ لنفسه معاونًا أصبح بعد ذلك خليفة له وهو كبلر Kepler (1571– 1630). وبعد وفاة تيكو براهى استغل كبلر الملاحظات الدقيقة التى خلفها أستاذه، وفى هذا الصدد يقول كبلر : "إن الكرم الإلهى قد جعل لنا فى شخص "تيكو" ملاحظًا بلغت دقته حدًا يستحيل معه أن نتصور خطأه...". (المترجم)

الأجرام السماوية الذى صنعه والذى بواسطته توصل إلى ملاحظاته عن كوكب المريخ Mars يحتل مكانًا فى مرصد براج Prague Observatory حيث أُبْعِدَ "تيكو" عن الدنمارك، وقضى فى براج السنوات الأخيرة من حياته.

ويوضح الشكل رقم "1" صورة هذا الجهاز التاريخى: ساق التثبيت قائمة على حامل، والجهاز ككل يتحرك على محور فى أعلى نهاية الساق، وهو يقيس 1.5 متر عند قصبة الساق، ويمكن دوران قصبة الساق، ولها ثقب رؤية فى القاع على اليسار، ولها لوح معدنى ذو فتحة تتخللها حافة حادة فى أعلى نهاية قصبة الساق (يمينًا) ويمكن ضبطها، وتنزلق هذه القطع النهائية على طول



المقياس المدرج للزاوية، وتقيس اللوحة النوعية نفسها عدة سنتمترات يمكن إعادتها مرة أخرى فى شكل مُكَّبر على الركن الأيسر من أعلى. لقد وضع "تيكو" بفضل هذا الجهاز البسيط المعطيات التى على أساسها تم تشييد علم الفلك الحديث تاريخيًا.

إن الذى أكمل عمل "تيكو براهى" هو مساعده "يوهان كبلر" (*) Johannes

(*) كان "كبلر" (1571– 1630) تلميذًا "لتيكو براهى"، استعان بالملاحظات التى خلفها أستاذه فى محاولة تحديد مدار كوكب المريخ، واعتقد فى أول الأمر أن مداره دائرى، ولكن تبين لـه أن هناك انحرافًا ضئيلاً جدًا بين الدائرة والمدار الحقيقى، وبلغ هذا الانحراف ثمان دقائق فى القوس، أى ربع القطر الظاهر للشمس، فعاود البحث من جديد عن المدار الحقيقى للمريخ، وبعد عناء دام تسع سنوات، كاد يبلغ حاد الجنون، جرب خلالها تسعة عشر مدارًا مختلفًا، اهتدى أخيرًا إلى المدار البيضاوى، واستطاع أن يضع "قانونه الأول" وهو أحد قوانينه الثلاثة =

Kepler الذى تجاوزت شهرته شهرة أستاذه، واصل "كبلر" ملاحظاته مستعينًا بجهاز قياس الأجرام السماوية الذى صممه "تيكو"، كما حدد "كبلر" مسار كوكب المريخ بناءً على عدة ملاحظات فردية حتى استطاع أن يعلن بيقين أن مسار المريخ بيضاوى الشكل، كما اكتُشِفَت بفضل القياسات المحضة قوانين أخرى تتعلق بحركة الكواكب، والتى سُميت فيماَ بعد "قوانين كبلر" (**) The Keplers Lows.

ولا نملك إلا الإعجاب بشخصية هذا الرجل التى تجلت فى حماسة نحو الدقة الواقعية، والغريب أن "كبلر" كان فى مستهل حياته حالمًا يميل إلى التأمل، وينفر من الملاحظات الواقعية، فاهتم ركز فى أعماله المبكرة بالبحث عن "الانسجام" الرياضى المذهل الذى يسود الطبيعة، مما جعله يلوى عنق الحقائق العلمية. ولكنه يبقى من الثابت أن "كبلر" أنجز هدفه الخاص بحماسه للدقة الواقعية أكثر مما أنجزه بتأملاته، وهو يعبر بنفسه عن هذه الفكرة، فى كتابه "انسجام العالَم" الذى ظهر عام 1619، فيقول بصدد اكتشاف قوانينه :

"لقد وجدت أخيرًا – وثبت صدق توقعاتى وآمالى – أن حركات الأجرام السماوية فى إجمالها وتفصيلها تعبر عن انسجام الطبيعة، وإن لم يكن على النحو الذى تخيلته سابقًا بل على نحو آخر أكثر كمالاً . . . إنه

=

المشهورة والتى اقترنت باسمه، وينص هذا القانون على: "إن كوكب المريخ يرسم مدارًا بيضاوى الشكل تقع الشمس فى أحد مركزيه". ولقد تمكن أبناء أسرة كاسينى Cassini – وهى أسرة فرنسية من أصل إيطالى أشتهر أبناؤها بأبحاثهم فى الفلك والمساحة، وكان لهم دور كبير فى رسم الخرائط الفلكية والجغرافية – تمكن أبناء هذه الأسرة من تطبيق قوانين "كبلر" الثلاثة على كل الكواكب وعلى توابعها، فوضعوا بذلك أساس علم الفلك الحديث.

(المترجم)

(**) وهى ثلاثة قوانين، قد سبق أن ذكرنا الأول منها، فى الفقرة السابقة، أما القانون الثانى فينص على أن "الخط الواصل بين الكواكب والشمس يُكوِّن فى الفراغ مساحات هندسية متساوية فى أزمان متساوية"، أما الثالث فينص على أن : "مربع الزمن الذى يقطعه الكوكب لإتمام مداره حول الشمس يتناسب تناسبًا طرديًا مع مكعب المسافة بينه وبينها". (المترجم)

النحو نفسه – لو أنك غفرت لى – الذى أتقبله وأكون سعيدًا بتقبله، وإن كنت غاضبًا، وسأجرب حظى وأضع كتابًا ليطالعه معاصرىَّ أو الأجيال المقبلة التى قد لا يظهر فيها من يهتم بكتابى هذا إلا بعد قرون طويلة، ومالى لا انتظر والإله نفسه قد ينتظر ستة آلاف عامًا حتى يتفقه أحكامه من يتأملونها".

وعلى أية حال علينا ألا ننسى أنه بالرغم من أن اكتشافات "كبلر" الدقيقة قد أسهمت فى تطوير وإكمال الصورة الفلكية للعالَم بشكل ملحوظ، فهى فى أساسها كوبرنيقية وإن اختلفت بقدر كبير عن فكرتنا الكوبرنيقية عن العالَم، فلقد اتفق كل من "كوبرنيقوس" و"كبلر" على أن المجموعة الشمسية قد شغلت الفراغ الكونى، وما النجوم بالنسبة لهما – كوبرنيقوس كبلر – إلا نقاط دقيقة فى كرة السماء التى شغلت الكون ككل، وسارع "كبلر" إلى مناهضة أفكار "جوردانو برونو" (*) Giordano Bruno التى تنص على لا تناهى الوجود، وعلى أن النجوم الثابتة تشكل مجموعات شمسية مستقلة. وكم من جهود مضنية بُذلت بغية الوصول إلى ما نحن عليه من معرفة اليوم.

أسهم اكتشاف المنظار المقرِّب فى إحداث التطور الحاسم فى علم الفلك بعد "كبلر" إذ أدى إلى تطوير وسائل الملاحظة، وعلى الرغم من أن "جاليليو"(*)

(*) كان جوردانو برونو (1548– 1600) أحد علماء الفلك، وقد توصل إلى إستنتاجات عرضته للخطر لأنها تتعارض مع تعاليم الكنيسة، كما افترض "برونو" أن العالَم يتكون من عدد لامتناه من الوحدات التى لا تنقسم، وأطلق عليها اسم "المونادات" Monads، وفى رأيه أن كل إنسان وكل كائن حى لا يخرج عن كونه إحدى المونادات، وهذه المونادات متميزة، ومختلفة ولا تنحل إلى شىء أبسط منها، وهى ذات طبيعة روحية ومادية معًا، وبهذا يجمع "برونو" بين ما قال به أصحاب المدرسة الذرية قديمًا من مادية الذرات، وما قاله به "ليبنتس" Leibniz فيما بعد (1646 – 1716) من روحية المونادات، إذ إن "جوردانو برونو" يسبق "ليبنتس" فى الظهور بحوالى قرن من الزمان. (المترجم)

(*) ولد "جاليليو" عام 1564 بمدينة "بيزا" Pisa بشمال إيطاليا، واشتهر منذ الصغر بنبوغه فى الرياضيات، كما شغف بصنع بعض الاختراعات العملية، أبرزها المنظار المقرِّب "التلسكوب" =

=

الذى صنعه بنفسه وأخذ فى تطويره حتى استطاع بواسطته مشاهدة الأقمار الأربعة لكوكب المشترى، أدرك "جاليليو" أنه لو كانت الأرض ساكنة بينما يدور القمر والشمس والنجوم حولها – كما زعم بطليموس – لوجب أن يشاهد خلال منظاره الأقمار الأربعة الصغيرة وهى تدور حول الأرض لا حول المشترى، وهنا قام لديه الدليل على خطأ بطليموس، وظهر له جليًا صواب رأى "كوبرنيقوس" القائل أن الشمس لا الأرض هى مركز الكون، ولكن ما أن أعلن "جاليليو" رأيه حول صحة نظرية "كوبرنيقوس" حتى هاجمه رجال الكنيسة، فلم يكن هؤلاء ليرضوا بغير الفكر القديم بديلاً، أو يقيموا وزنًا لغير تعاليم الكتاب المقدس. زعم رجال الكنيسة أن نظرية كوبرنيقوس ترسم ظلالاً من الشك حول الالوهية، وتزعزع بناء الفكر الدينى كله، باعتبار أنه لو صح أن الأرض كوكب يدور حول الشمس كغيره من الكواكب لما حظيت الأرض بمركز مرموق فى الكون بأسره، ولا كان تاريخها يحكى عظمة الخالق. وعلى هذا تم استدعاء "جاليليو" فى شهر فبراير من عام 1616 للمثول أمام كبير الكرادلة "بيلارمين" وأُقْنِع بعدم التمسك بالنظام الكوبرنيقى أو الدفاع عنه.

لزم "جاليليو" الصمت عدة سنوات لأنه رأى أن وقت الدفاع عن كوبرنيقوس علانيةً لم يحن بعد، وأنه سيكون بوسعه نصرة كوبرنيقوس فى الوقت المناسب، هذا فصلاً عن أنه أخذ يتقدم فى السن ويشكو من العلة فى أغلب أيامه، ولقد اعتقد "جاليليو" أن الوقت المناسب قد حان عام 1623 عندما أُنتُخب أحد الكرادلة المثقفين لمنصب البابوية، فخالف "جاليليو" أمر محكمة التفتيش بالامتناع عن الدعوة لآرائه بصدد الكون، ونشر سنة 1623 كتابًا مطولاً باللغة الإيطالية، ضمنه الحجج المؤيدة والمعارضة لآراء بطليموس وكوبرنيقوس اسمه "حوار حول النظامين الرئيسيين للكون"، وفى هذا الكتاب يقدم أحد المتحدثين اعتراضات على نظام كوبرنيقوس، فيرد المتحدثان الآخران، وقد جعلهما "جاليليو" أذكى من المعترض وأقدر، وقد أجاب "جاليليو" فى هذا الكتاب عن كل الاعتراضات التى أُثيرت نيابةً عن كوبرنيقوس الذى توفى منذ زمن بعيد، وهنا يجب أن لا يغيب عن أذهاننا أن "جاليليو" قد تحدى كل الكيان الكهنوتى عام 1616، وتحداه أيضًا عام 1632 دفاعًا عن نظرية ليست نظريته، بل نظرية إنسان ميت، لا لشىء سوى أنه اعتقد أنها كانت صحيحة.

كانت بداية الهجوم على "جاليليو" هذه المرة هى محاولة حظر كتابه وفرض حصار حول تداول أفكاره، ولكن ثبت أن تلك محاولة عقيمة باعتبار أن الطبعة الأولى للكتاب قد انتشرت بالفعل فى كل أنحاء أوروبا، وصار الناس يقبلون على شراء الكتاب وتداول الأفكار التى وردت فيه على نطاق واسع. هنا عاد "جاليليو" مرة ثانية إلى المثول أمام محكمة التفتيش عام 1633، وذلك من أجل أن يعُاد النظر فى الرجل وأفكاره من جديد، ولنا أن نتخيل مدى ما تعرض له "جاليليو" من إهانة وسجن وقسوة، وهو الشيخ العليل والعالِم الجليل، فلقد أُجبر على الركوع على ركبتيه معلنًا على الملأ ما يلى :

=

Galileo لم يكن أول من اخترع المنظار المقرِّب، فالفضل يرجع إليه فى تصميم أول منظار عملى استُخْدِم فى ملاحظة السماء، ولقد قام "جاليليو" بتوجيه المنظار إلى القمر، وعرَّف البقع الموجودة على سطحه على أنها جبال ضخمة (1610) بالنظر إلى مظهرها الخشن المتعرج، ثم وجه منظاره إلى كوكب الزهراء Venus فوجد شكله هلاليًا شبيهًا بهلال القمر الذى يظهر على فترات منتظمة نتيجة استقبال الضوء من الشمس، ثم وجهه أيضًا إلى كوكب زحل Saturn فرأى شكله الثلاثى والذى لم يستطع تمييز تفاصيله حينئذ، ثم وجهه إلى كوكب المشترى Jupiter ورأى توابعه (الأربعة الأكثر لمعانًا) وأطلق عليها اسم "الكواكب المدتشية" (*) Medizeic Planets.

إن كل هذه الحقائق – التى تُعَد تطويرًا وإثراءًا للعالَم الكوبرنيقى – قد أذهلت بلا شك كل معاصرى "جاليليو"، كما عرّضت للخطر الشديد معتقدات العلماء القدامى الذين أسسوها على فلسفة أرسطو، ورفعت من شأن المعارضين لهم (*)، ومما يُظهر =

"أنا جاليليو بن جاليليه، من فلورنسا، والبالغ من العمر سبعين عامًا، أركع على ركبتى أمامكم يا أصحاب الغبطة والإجلال السادة الكرادلة أعضاء محكمة التفتيش، وأقسم وأنا أنظر بعينى إلى الكتاب المقدس وألمسه بيدى بأننى كنت وسأظل مؤمنًا بتعاليم الدين، وأشجب وألعن وأحتقر كل ما قيل وكُتبَ من خطأ وبدعة حول حركة الأرض".

وقد وُضع جاليليو بقية حياته رهن الإقامة الجبرية المشددة فى منزله إلى أن وافته المنية عام 1642. وقد أصيب جاليليو بالعمى فى آخر أيام حياته فكتب يقول :

"وآسفاه ... لقد أصبح جاليليو كفيف البصر بحيث إن هذه السماء وهذه الأرض وهذا الكون، التى كبرتها بمشاهداتى الرائعة وعروضى الواضحة مائة مرة لا بل ألف مرة فوق الحدود المقبولة عالَميا، قد تقلصت وانكمشت بالنسبة لى إلى حجم ضيق يساوى الحجم الذى تملؤه أحاسيس جسمى الخاصة". (المترجم)

(*) نسبةً إلى آل مدتشى فى فلورنسا. (المترجم)

(*) تتمثل أهمية الآراء التى جاء بها "جاليليو" فى أنها:

أولاً: أثبتت نظرية "كوبرنيقوس" إثباتًا تجريبيًا، وخرجت بها من حيز الرياضيات إلى حيز الوجود الطبيعى.

ثانيًا: إنها حطمت بشكل قاطع التمييز الأرسطاطاليسى بين الأرض والسماء وأحلت أتساق الطبيعة محل التسلسل القديم بين كائنات تعلو بعضها فوق بعض فى مراتب الكمال، وكان =

موقف "جاليليو" الحذر، ذلك الخطاب الذى كتبه إلى "كبلر" قائلاً فيه :

"أشكرك كثيرًا لاهتمامك منذ الوهلة الأولى بأبحاثى، وهكذا أصبحت أول شخص، وغالبًا الشخص الوحيد الذى يقتنع تمامًا بالبراهين التى قدمتها، ولا يتوقع المرء غير هذا من رجل فى مثل حرصك وصراحتك، ولكن ما الذى يمكن أن تقوله لفلاسفة جامعاتنا الذين يرفضون إلقاء أية نظرة على القمر أو المنظار المقّرب، رغم إلحاحى فى دعوتهم إلى ذلك، أنهم يغمضون أعينهم عن نور الحقيقة، إن أولئك الدجماطيقيين الذين يعتبرون الفلسفة نصوصًا كالأوديسة Odyssey أو الإنياده Aeneid يعتقدون أن الحقيقة سوف تتكشف – كما يؤكدون هم أنفسهم – من خلال مقارنة النصوص Texts بعضها ببعض لا عن طريق دراسة العالَم أو الطبيعة، ومن المضحك أن تسمع بعضهم يدحض وجود الكواكب الجديدة بحجج منطقية محضة، كما لو كانت هذه الأجرام مجرد طلاسم سحرية".

كما يروى جاليليو كيف رفض عالِم آخر النظر إلى المنظار المقّرب : "لأن ذلك سيؤدى إلى زعزعة ثقته فى معتقداته (**)، ومن المعلوم أن المصير المأسوى تردى فيه "جاليليو" كان نتيجة لمثل هذا التعصب، وكان عليه أن يضحى بسنوات عديدة من العزلة والحبس كى يعضد النظرية الكوبرنيقية.

هناك ثمَّة إنجاز آخر "لجاليليو" لا علاقة له مباشرةً بعلم الفلك، ألا وهو أنه أول من فحص عن كثب قوانين سقوط الأجسام، ولهذا فقد أرسى القوانين الأساسية

=

من الطبيعى أن تثير هذه الأمور عاصفة من المعارضة شنها أولئك العلماء الذين أعتادوا تعظيم سلطة أرسطو. (المترجم)

(*) يشير هذا النص إلى ما حدث حين وضع "جاليليو" المنظار المقّرب، وطلب إلى زملائه أن ينظروا خلاله إلى الأقمار التى تدور حول المشترى Jupiter فرفضوا إلقاء النظر، وبنوا رفضهم على أساس أنهم بحثوا فى كتب أرسطو فلم يجدوا فيها ذكرًا لمثل هذه التوابع المزعومة للمشترى، فمن ظن أنه رأى توابع للمشترى، كان واهمًا مخدوعًا.

(المترجم)

لعلم الميكانيكا الحديث، مع أن الجهاز الذى صممه كان بدائيًا تمامًا، فعلى سبيل المثال لم يستخدم ساعة للميقات بالمعنى الحديث للكلمة، بل استعاض عنها بالساعة المائية التى هى عبارة عن وعاء ينسكب منه الماء، ورغم كل هذا فقد حدد "جاليليو" العلاقة بين المسافة والزمن الذى يستغرقه الجسم فى السقوط، كما حدد أيضًا قانون العجلة، ووضع يده على أكثر الحقائق غرابة ودهشة لمعاصريه، ألا وهى أن كل الأجسام تسقط بسرعة متساوية رغم اختلاف كتلتها. وأخيرًا صاغ "جاليليو" القانون الأساسى للحركة الذى سُمى باسمه، ونصه :

"إن كل جسم يتحرك فى خط مستقيم وبسرعة منتظمة، ما لم تؤثر عليه قوى خارجية، وأن هذه الحركة لا تتوقف أبدًا من تلقاء نفسها".

على الرغم من أن هذه القوانين تبدو وكأنها مجرد أجزاء من الحقيقة الشاملة، فهى تعطى الدلالة لتقدم غير عادى بالقياس إلى الفترة السابقة التى لم يهتم فيها أحد بتجميع المعطيات، والتى ساد خلالها الاعتقاد بأن كل من يريد أن يتعلم عليه أن يكتشف المجهول بواسطة الفكر التأملى المحض، إن الإنجاز العظيم "لجاليليو" يتمثل فى أنه اتجه نحو دراسة الطبيعة، وفضلاً عن هذا فإن الحقائق التى اكتشفها امتدت أهميتها خارج نطاقها المحدود، فقد أسس عليها "نيوتن" ميكانيكا الأجرام السماوية.

قُدِّرَ للفيزيائى الإنجليزى "إسحق نيوتن" (*) Isaac Newton (1643 –

(*) ولد "إسحق نيوتن" عام 1642 فى قرية "وولثورب" الصغيرة على مقربة من "جرانثام" فى "لنكشير" بإنجلترا، ولم يكن هذا التاريخ نقطة تحول بالنسبة لعلم الفلك فحسب بل بالنسبة لكل العلوم، فقد شهدت تلك السنة ولادة عقل حقق الانتقال الحاسم من المرحلة الوضعية التى أدت دورها فى الماضى، إلى المرحلة الديناميكية، مرحلة تعليل المستقبل وتفسيره سببيًا.
وكانت والدة "نيوتن" التى توفى عنها زوجها منذ قريب تطمح أن يشب ابنها ليعمل فى الأرض التى تركها له أبوه، غير أن نيوتن لم يكن ميالاً للزراعة، بل كان يشعر بلذة كبرى حينما كان يقوم بإصلاح بعض الساعات أو صنع بعض اللعب الآلية، كما استهواه علم الفلك فكان يقضى وقتًا طويلاً فى رصد النجوم، وملاحظة حركتها بإهتمام بالغ، كما شغف بالرياضيات، واستطاع تحقيق كشف أصيل، إذ إبتدع حساب التفاضل والتكامل (فى وقت واحد وبطريقة =

1727) أن يلعب دورًا هامًا فى تاريخ تطور العلوم الطبيعية فى تلك الحقبة، فلقد كان "نيوتن" مُنَسِقًا عظيمًا أدمج الاكتشافات الفردية لكل من "كوبرنيقوس" و"كبلر" و"جاليليو" فى نظام موحد رائع. كانت اضافات "نيوتن" الفكرية لا تقدر بثمن، فهو الذى أدرك بنظريته العبقرية أن قوة الجاذبية التى تصورها "جاليليو" فى نظريته عن سقوط الأجسام، لها دلالة تتجاوز نطاق الكرة الأرضية، وأن قوة التجاذب هذه تمثل خاصية لكل كتلة، بل وتحدد مسار الكواكب خلال الفضاء الكونى، تلك النظرة الثاقبة فى طبيعة الأشياء كانت مصحوبة بالحذر الرائع لنيوتن فى تحليلاته العلمية، بادئًا بالفرض الصحيح القائل إن قوة التجاذب تتناسب طرديًا مع المسافة، فقد قدر جاذبية الأرض بالنسبة للقمر، على حين كان "جاليليو" قد قدرها بالنسبة إلى جسم على سطح الأرض، وبالتالى فقد حسب نيوتن الفترة الزمنية التى يحتاجها القمر للدوران حول الأرض، إذ إن جاذبية الأرض هى المسببة لحركة القمر للدوران حول الأرض، كان ذلك كله تطويرًا رائعًا للفكرة الأصلية، لكن الحظ عانده ولم تؤد تحليلاته إلى شىء يتفق مع الحقائق، إن كيفية مواجهة نيوتن للفشل تعد أوضح دلالة على عظمة شخصيته كباحث، فقد طوى جميع حساباته وألقى بها بعيدًا دون أن ينشر كلمة واحدة تخص تأملاته العميقة (1666). ولم يصحح الخطأ إلا بعد عشرين عامًا، فقد وجد أن نصف قطر الأرض الذى اتخذه كأساس لحساباته لم يكن دقيقًا، بينما قدم علماء الفلك

=

مستقلة مع ليبنتس)، وقد احتفظ نيوتن بهذا الكشف لنفسه واستخدمه فى الوصول إلى نتائجه، ولكنه يكتب تلك النتائج بالرياضيات التقليدية.

وفى بداية عام 1678 نشر نيوتن كتابه "المبادئ الرياضية فى الفلسفة الطبيعية" الذى سجل فيه نظريته فى الجاذبية، كما أحرز نيوتن نجاحًا باهرًا فى مجال علم البصريات، ولقد نال أسمى المراتب فى ميدان العلم وفى ميدان العمل على السواء، ومع ذلك لم يكن يتباهى بأعماله وظل على الدوام متواضعًا ميالاً للعزلة، وكان الاشتغال بالعلم أهم لديه من النجاح الاجتماعى، وظل دائب العمل فى تجاربه وعملياته الحسابية إلى أن وفاه الأجل عام 1727عن خمسة وثمانين عامًا، وقد قال قبيل وفاته: "لست أدرى كيف أبدو فى نظر العالَم، بيد أننى أبدو لنفسى كطفل يلهو على شاطىء البحر يتسلى بين الفينة والأخرى باكتشاف حصاة أنعم أو صدفة أجمل، بينما يقف محيط الحقيقة بأكمله غامضًا غير مُكْشَف أمام ناظرى".

(المترجم)

قياسًا جديدًا ساعد نيوتن على إثبات أن كل تأملاته عن القمر كانت متسقة.

حينذاك تلقت ميكانيكا نيوتن التأييد، وبدت لمعاصريه وكأنها عصا سحرية، فلقد حولت نظريته الحقائق الأساسية للقرون السابقة إلى نظام متسق يحتوى على نظرية كوبرنيقوس فى حركة الكواكب المركزية حول الشمس، وقوانين "كبلر" عن مدارات الكواكب، وقوانين "جاليليو" الخاصة بسقوط الأجسام، ومن المفارقات أن "كبلر" الذى حلم كثيرًا بالبرهان على توافق الحركات الكونية، لم يسعده الحظ ليبارك هذا النصر الفكرى الذى أنجزه نيوتن.

ظهرت على يد "نيوتن" القوانين التى تؤيد صحة نظرة كوبرنيقوس للعالَم، فتم لها بذلك استقرار مكانتها العلمية، فقبل هذا كان التصور الكوبرنيقى يبرر نفسه بإزاء التصور البطليموسى بمجرد الدعوى بأنه يمثل صورة العالَم بطريقة أبسط، أما الآن فلقد أصبح ذلك التصور الكوبرنيقى – بفضل علم الميكانيكا النيوتنى – هو التصور الأوحد الذى يمكن قبوله، كما اتضحت القيمة الحقيقية لهذا التصور الذى قدم لنا تفسيرًا للظواهر الطبيعية وللقوانين التى تحكم الكون. وكان لابد للعقل الغربى، فى النهاية أن يتمثل هذا التصور الكونى، لأنه يتماشى مع نزعته الفطرية فى التفكير.

هكذا تنتهى أولى مراحل علم الفيزياء الحديث، وقد ساد معها منهج جديد فى البحث فى العلوم الطبيعية. إن تجميع الحقائق يعد نقطة البدء فى البحث ولكنه لا يعد نهايته، إن روح الباحث لا تطمئن إلا حينما يستطيع الفهم أن يذيب الأفكار المنفصلة معًا فى مركب تأملى، وفى هذه الحالة يقوم الفهم بدور شرارة البرق، وسوف تُظْهِر الفصول التالية كيف تم تطبيق هذا المنهج فى علم الفيزياء الحديث بطريقة واعية وعلى نطاق واسع.