الفصل

3

العبقرية والحريق والوباء

لم يكد نيوتن يتخرج من كامبردج حتى وجد نفسه مجبراً على مغادرة الجامعة والعودة إلى وولزثورب، رغماً عن إرادته. وفي لندن، التي تزايد عدد سكانها بسرعة فبلغ نصف مليون نسمة مع حلول سنة 1660، أصاب الناسَ فجأةً مرض يبدأ بألمٍ شديدٍ في الرأس ودُوار، يتبعه ارتجاف في الأطراف، وتورّم تحت الذراعين وأعلى الفخذين، وتفشي الحمى، وأخيراً ظهور بقع سوداء على الجلد، وَصَفَها كاتب اليوميات المعروف صموئيل بيبز Samuel Pepys بأنها «علامات على قرب الوفاة وأنه خلال بضع ساعات يجب أن يوارى المصابُ الثرى».

ظَهَر الموتُ الأسود Black Death أو الطاعون الدَّبْليّ bubonic plague أول ما ظهر في أوربا سنة 1347، قادماً

من الشرق الأوسط عن طريق جرذان السفن التي كانت تحمل البراغيثَ في وبرها. ولما وصلت الجرذان إلى الشاطئ، انتقلت طفيلياتها بسهولة إلى مضيف إنساني، مطلقةً وباءً مميتاً. وحيث إنه لم يكن هناك علاجٌ معروف لهذا الداء، فقد سقط الجميع ضحايا: السيد والعبد، التاجر الغني والفقير المُعْدِم. وفي بعض المناطق، قضى أكثر من نصف السكان؛ وتوقفت التجارة والزراعة؛ وهُجرت المدن والقرى؛ وانتشرت الذئاب في الشوارع الخاوية الصامتة.

أما الأطباء فلم يكن في وسعهم إلا التوصية بعزل المرضى عزلاً تاماً، مستشهدين بالمَثل المعروف لدى الرومان عندما ألمَّ بهم وباء مماثل قبل ذلك بقرون: «غادرْ بسرعة، واذهب بعيداً، وعُد ببطء». لذا - وكما أشار بيبز في مذكراته - فإن الحكومة تخلّتْ عن مقرّها في لندن طلباً للسلامة النسبية الموجودة في أوكسفورد، وتبعها في ذلك على الفور المواطنون العاديون الذين انتشروا عبر الريف بعشرات الألوف. وفي أيلول/سبتمبر سنة 1665، عندما وصلت العدوى إلى ذروتها، صارت تُسجَّل قرابة 8،000 حالة وفاة في المدينة كلَّ أسبوع. وأسوأ من ذلك، أن سكان لندن أنفسهم حملوا الوباء إلى المقاطعات الشرقية، ومنها إلى الأجزاء الداخلية من البلاد. وفي تشرين الأول/أكتوبر، أقرّ المجلس الأعلى لجامعة كامبردج بإغلاق الجامعة، في الوقت الذي كان معظم المديرين قد فرّوا قبل وصول هذا العدو الخفي.

نقش من القرن السابع عشر يُظهر الدمارَ الذي سبّبه الطاعون في مدينة لندن سنة 1665. وقد خرج نيوتن من كامبردج فراراً من المرض، وعاد إلى منزله في وولزثورب.

بدأ نيوتن إحدى أعظم جولاته الفكرية الممضّة في تاريخ العلم المعاصر تاركاً لنفسه حرية العمل في لنكونشير الريفية. وحين تذكّر سنتَي الوباء 1665 – 1666 بعد عقدين من الزمن، كتب إلى زميله الفرنسي بيير دوميزو Pierre Des Maizeaux» في تلك الأيام كنت في ريعان شبابي وقمة عطائي في الإبداع والاختراع، ومنكباً على الرياضيات والفلسفة أكثر من أي وقت آخر».

وكتب وليام وستون William Whiston ، الذي صار فيما بعد من أصدقاء نيوتن ومريديه: «يستطيع السير إسحاق في معظم الأحيان أن يدرك المسائل الرياضية

بالبديهة، حتى دون برهان، وعندما يقترح تخمينات في علم الطبيعة، فإنه غالباً ما يعلم أنها صحيحة».

ومع تمكّنه من معظم أعمال الرياضيات المعروفة في وقته، لم يجد فيها نيوتن ما يشبع رغباته العلمية. فالجبر مفيد في تحديد الإجابات العددية لشروط محددة موجودة في معادلةٍ ما؛ والهندسةُ تلبّي الحاجةَ في تحديد العلاقات بين النقاط والمستقيمات والزوايا. ولكن الأسئلةَ المحيّرة هي ما يتعلق بالسرعة الدائمة التغيّر لجسمٍ متحرك والتعديل الثابت في مسار جسمٍ ما عند تغيّر سرعته. هنا يواجه الرياضيون كميّتَيْن متغيّرتين باستمرار، وعليهم أن يعيّنوا معدَّلات التغير في أيّ لحظة من الزمن.

وقد تناول بعضُهم مثلَ هذه المسائل في الماضي بنسبٍ متفاوتة النجاح. فالرياضيان الفرنسيان رينيه ديكارت René Descartes [1650-1596] وبيير دي فيرما Pierre de Fermat (65 - 1601) استطاعا أن يحلاّ مسائل مستقلة من هذا النوع، ولكن على حساب الدقة والسهولة. فقد كانت الوسائل التي اعتمداها مرهقة في الاستعمال العام. ولم ينجحوا في استنباط طريقة عامة يمكن تطبيقها على جميع المسائل من نمطٍ ما، وهو ما كان يحلم به كبار الرياضيين.

كان نيوتن قد ألّف مقالَه الرئيسي الرياضي الأول في كامبردج في أيار/مايو سنة 1665، قبيل أن تغلق الجامعة أبوابها. وأنهى مقاله الثاني، وهو أكثر تطوّراً، في

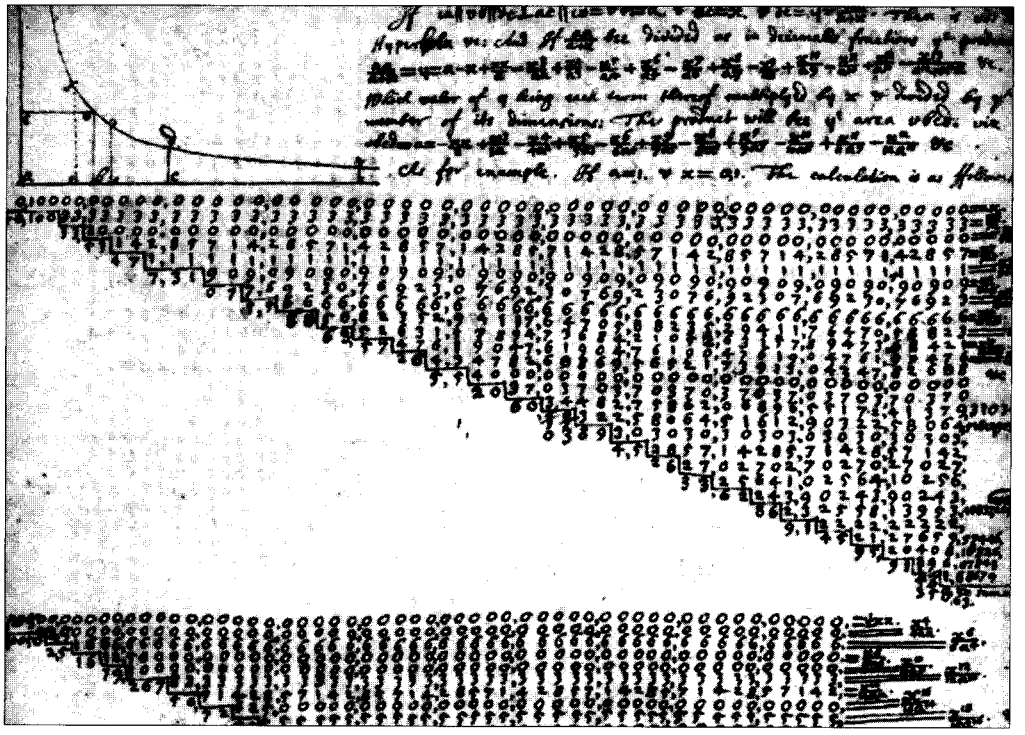
وولزثورب في تشرين الثاني/نوفمبر، وثلاثة مقالات أخرى خلال سنة 1666 المحمومة. وقد اشتمل عمله على طريقة رائدة سمّاها «التغيّرات المستمرة fluxions» أو الكميات التي تتعرّض إلى معدّلات ثابتة من التغيّر. وفي أواخر سنة 1666 أصبح نيوتن، الذي شارف الرابعة والعشرين من عمره، أكثر الرياضيين شهرة في العالم في ذلك الوقت. وبفضل نظريته في «التغيّرات المستمرة»، أو ما نسميه في مصطلح اليوم «حساب التفاضل والتكامل calculus» يستطيع الرياضيُّ حلَّ المسائل التي تكون الكميات والحركات فيها غير محددة وغير متغيّرة بل في طور النشوء والتبدُّل وحتى التلاشي. وبهذه النظرية استطاع نيوتن تحديد أدق تفاصيل التغيّرات في تسارعِ جسمٍ ما أثناء سقوطه في الفراغ، وحساب المسار الدقيق لكوكبٍ دوّار، أو قياس المعدل الدقيق لتباطؤ كرة إلى أن تتوقف بعد أن كانت تتدحرج على الأرض. وبالجملة، فإن حسابَ التفاضل والتكامل أداةٌ أكثر فاعلية في حل المسائل المتعلقة بالمتغيّرات الصغرية - أو ما أطلق عليها نيوتن اسم «المتناهي في الصغر infinitesimal» في معدل الحركة لجسمٍ ما، وكذلك في تحديد مساره في الفراغ. وقد أدرك نيوتن الحاجة إلى الدقة المتناهية في تعاملنا مع الطبيعة فتفوَّق على الآخرين بصوغ طريقةٍ رياضيةٍ يمكن بواسطتها التعامل مع الطبيعة وفق الشروط الخاصة بها.

وليس مستغرباً أن تثير قوةُ هذا الاكتشاف الجديد مشاعرَ هذا الفتى الشاب. فعندما زار نيوتن جارَه في

السكن همفري بابنغتون Humphrey Babington وهو طالبٌ قديم في كامبردج ساعده على الدخول إلى الجامعة أحضر مقالاته معه. فكان إعجابُه في حل إحدى المسائل الرياضية عظيماً لدرجة أنه نفّذ عملية القسمة لـ 55 منزلة، وكان بإمكانه أن يتابع لولا أن سلسلةً من الأصفار قد جاوزت حافَةَ الصفحة. وكلما كان الآخرون يضجّون معبّرين عن إحرازهم نصراً في عالَم الرياضيات، كان هو يبقى صامتاً يترقّب. فالبرهان كان كافياً بالنسبة إليه؛ أما بقية العالَم فلم يُعرْه اهتمامه، في هذا الوقت على الأقل.

وبينما كان نيوتن في وولزثورب ينتظر أن تعيد جامعة كامبردج فتح أبوابها، طافت به الفكرةُ الثاقبةُ التي غدت موضوعَ أسطورةٍ بحدِّ ذاتها. فقبْل وفاة صديقه وليام ستكيلي بسنة واحدة زاره في منزله في كنزنغتون Kensington قرب لندن. وبعد تناول الغداء، خرجا إلى الحديقة لشرب الشاي تحت ظل بعض أشجار التفاح. وكتب ستكيلي في ذلك قائلاً: «أخبرني، من بين موضوعاتٍ عديدة، أنه الآن في الوضع نفسه الذي كان فيه يوماً عندما خطرتْ على باله فكرةُ الجاذبية الأرضية. وقد ترافق ذلك مع سقوط تفاحة وهو جالس في حالةٍ تأملية».

وقد بدا لنيوتن أن قوة الجاذبية لا تتناقص بقدر ملحوظ عندما يتحرك جسمٌ ما بعيداً عن مركز الأرض. وتساءل في نفسه: إذا بقيت الجاذبية هي هي على الجبال



عند محاولة حساب المساحة الواقعة تحت قطع زائد سنة 1665، أجرى نيوتن الحساب على 55 منزلة!

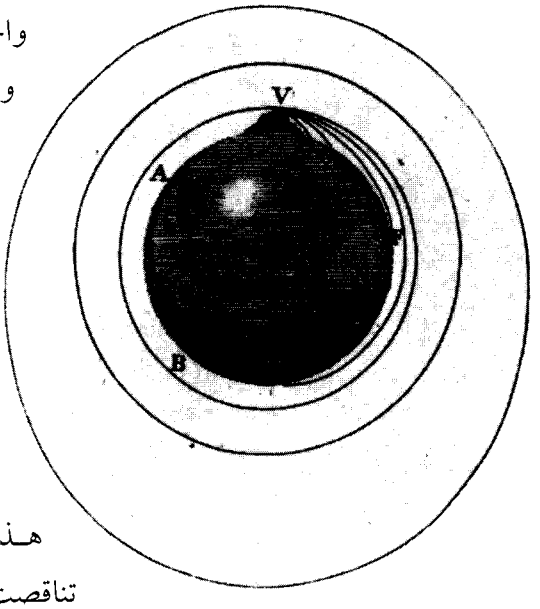
العالية وعلى أعالي الأبنية الشاهقة «فلماذا لا تكون هي نفسها في مكان مرتفع كارتفاع القمر». وإذا كان هذا صحيحاً، فإن القمر يجب أن يكون متأثراً بهذه القوة الغامضة، بل إنه «ربما يحتفظ بمداره بفعل تلك القوة». فما يَصحّ على القمر بدورانه حول الأرض لا بدّ أن يَصحّ أيضاً على الكواكب بطوافها حول الشمس. ولماذا لا تكون النجوم الوامضة كذلك؟

وبقراءةِ ما كتبه غاليليو وديكارت، بات نيوتن على اطلاعٍ تام بمبدأ العطالة، الذي ينصّ على أن الجسم المتحركً لا يتوقف ما لم تؤثر فيه قوةٌ خارجية. وأدرك

أيضاً أن الجسم المتحركَ يتحرك وفق خطٍّ مستقيم ما لم تحرفه قوة ما. لذا فقد قدّر أن الحركةَ الطبيعية للكرة - أو للتفاحة - الموضوعة في حالةِ حركةٍ حريّة بأن تسوقها في لجة السماء بعيداً عن الأرض. ولكن شيئاً ما يحدث: إذ تتدخل قوةُ الثقالة، مغيّرةً مسارَ الجسم جاذبةً إياه إلى الأرض.

وبدلاً من قذف الكرة باليد، فكّر نيوتن بقذفها بواسطة مدفع. ففي هذه الحالة، ستقطع مسافة أكبر مما لو رُميتْ باليد، وستعود في النهاية إلى الأرض. وتخيّلَ مدافعَ كبيرة ومساراتٍ أكبر، ورسَمَ مخططاتٍ ليبرهن كيف يمكن أن يبتعد الجسم عن الأرض أكثر فأكثر وهو يدور حولها إلى أن يترك في النهاية مساره ويستقر في مدار له، شأن القمر.

مخطط من رسالة نيوتن عن نظام الكون، نُشر بعد وفاته، يبيّن أنه إذا أُطلقت قذيفة بقوة كافية، بقيت في مدارها حول الأرض، شأن القمر الذي يدور في مداره حول الأرض.



واجهتْ نيوتن مباشرةً مسألةٌ أخرى، وهي أن ما يبدو من أن الثقالة لا تنقص عند ابتعاد المرء عن مركز الأرض لا بدّ أن يكون مجرّد وهم؛ ولو لم يكن الأمر كذلك لاصطدم القمر حتماً بالكوكب، في حين أن الأرض نفسها، ومعها عطارد والزهرة والمشتري والمريخ وزحل سوف تجنح إلى الشمس. ولا يمكن أن يبقى هذا التوازن السماويُّ قائماً إلا إذا تناقصت الثقالةُ مع البُعد.

وبتخيُّل القمرِ تفاحةً عملاقة، استنبط نيوتن فكرة عمل الثقالة. إن نزعة السواتل إلى الحركة بعيداً عن الأرض بخطّ مستقيم يضادّها الجذْبُ الداخلي للثقالة، الذي يولِّد مداراً يشبه إلى حدٍّ بعيد جسماً يربطه المرء بحبل ويدوِّمه حول رأسه. فالقمر يتوازن تماماً بين نزعته إلى أن يتحرك نحو الخارج - أو بما يُعْرف بالقوة النابذة centrifugal force ـ وقوة جذب الأرض نحو الداخل.

عند هذه النقطة انهمك نيوتن بحساباتٍ رياضية، فُقِد معظمها، في محاولةٍ لتحديد القوة الكافية لإبقاء القمر في مداره. وببصيرة ألمعية أخرى، لم يفترض أن الأرضَ هي العاملُ الوحيد في هذه الدراما السماوية. فأيُّ جسم، حسب اعتقاده، له القدرةُ على جذبِ أيِّ جسم آخر. فالتفاحةُ تجذب الأرضَ تماماً مثلما تجذب الأرضُ التفاحةَ، على الرغم من أن الحجمَ الهائل للكوكب يجعل ذلك متعارضاً مع التفكير السليم. ولكن ما هو صحيح بالنسبة إلى التفاحة صحيح بالنسبة إلى القمر بالدرجة نفسها.

واعتقد نيوتن أن الجاذبيةَ بين الأرض والقمر يجب أن تتناقص عكسياً مع مربع المسافة الفاصلة بينهما. فإذا افترضنا أن الجاذبية تعادل قوةً معينة عندما تكون الأجسامُ على مسافةٍ محددة، ثم ضاعفنا المسافةَ، فإن القوةَ ستصبح الربعَ لا النصف، وإذا صارت المسافةُ ثلاثةَ أضعاف فستصبح القوة التُسع لا الثلث، وهكذا تصغر

النسبة بازدياد المسافة. ويجب أن تصحّ الصيغةُ نفسُها على الشمس والكواكب، بافتراض وجود مبدأ شامل. وقد كتب نيوتن نفسُه في أواخر تلك الحقبة «لقد استنتجتُ أن القوى التي تُبقي الكواكبَ في مداراتِها يجب أن تتعاكس مع مربع المسافات التي تفصلها عن مراكز دورانها».

ولكن وُجدتْ هناك بعض المشكلات؛ فالعبقري الشاب لم يفلح، بعد طول عناء، في أن يصل بحساباته إلى النتائج التي كان يتوقعها. يقول عالم الرياضيات وليام وستون الذي غدا فيما بعد محلّ ثقة نيوتن: «بعد خيبة الأمل هذه ... طرح السير إسحاق جانباً المقالَ الذي يحوي حساباته وتَوَجّه تلقاء دراسات أخرى». ولكن نيوتن قال ساخراً بعد سنوات، وقد حقّق أخيراً النتيجة التي كان ينشدها: «يجب أن يُنظر إلى ذلك على أنه حدسٌ من تقديراتي»، ولكن ياله من «حدس»!

ومع أن نيوتن كان آمناً نسبياً من الوباء الذي كان قد بدأ يخمد، فقد بقي في وولزثورب معظم سنة 1666، حيث شاع خبر مأساةٍ أخرى أصابت سكان لندن المحاصَرين؛ إذ شبَّ ما أطلق عليه اسم الحريق الكبير Great Fire بتاريخ الثاني من أيلول/سبتمبر وانتشر دون التمكّن من السيطرة عليه مدة أربعة أيام وأربع ليال. وكانت ألسنةُ اللهب قد أتتْ على مساحةٍ قدرها ميل ونصف طولاً ونصف ميل عرضاً، متلفة 436 فداناً إنكليزياً، وأكثر من 13،000 منزل، و87 كنيسة ومعها

كاتدرائية القديس بولس الأثرية الجميلة. وكانت خرائب المدينة مسوّاة بالأرض وكأنها كانت ساحةَ قتال عظيمة؛ فكلُّ ما تبقى من لندن، التي أحبها شكسبير وإليزابيث الأولى، هو بحرٌ عميق متواصل من الرماد والسخام والقاذورات. واعتقد معظمُ الناس أن الحريق، شأن الوباء العظيم، كان عقوبةً ربّانية بسبب الأساليب الشريرة لعباده، وهو مشهدٌ كان نيوتن، بميوله التطهُّري الصفويّ، حقيقاً بالاعتقاد به. ومع ذلك فقد كانت ثمّة نعمةٌ هامة واحدة على الأقل تَدخل في حساب عقابيل هذا الحريق. ففي حين أن عشرات الألوف ماتوا من جراء الوباء، فإن عدد الوفيات من الحريق كان نسبياً صغيراً جداً لا يتجاوز الستة أشخاص حسب الإحصائيات الرسمية.

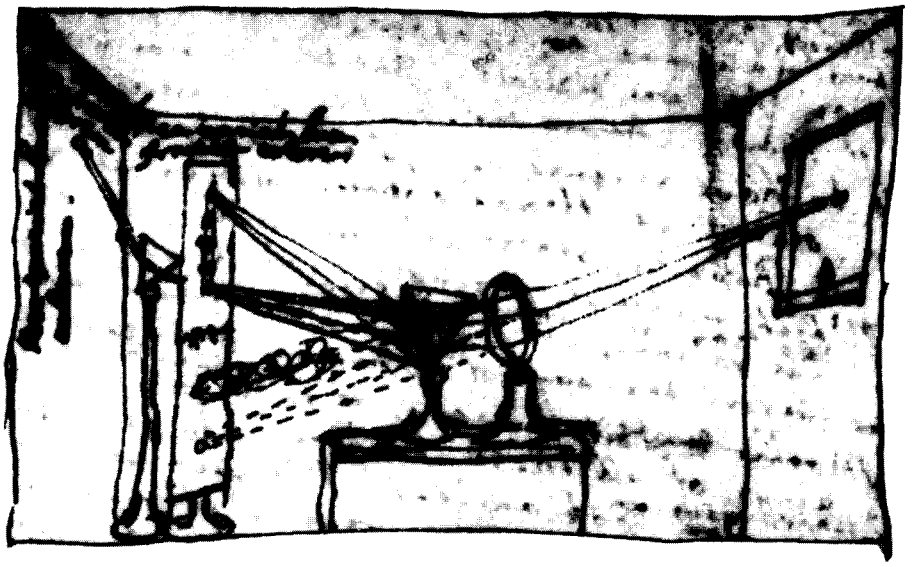
تعرّض معرض ستربردج Sturbridge للإصابة، وكان نيوتن قد زاره مرة قبل أن يُغلَق بسبب الوباء. وعندما كان هناك كتب: «استطعت بمشقة الحصول على موشور ثلاثي زجاجي لأجرّب به ظواهر الألوان».

وكان الموشور معروفاً من أيام الفيلسوف الروماني ورجل الدولة سِنيكا Seneca في القرن الأول بعد الميلاد. ولكن حتى قبل ذلك، حاول أرسطو أن يبرهن أن الألوان هي مزيج من الضوء والظلمة، أو من الأسود والأبيض، وهو رأيٌ كان مقبولاً لدى معظم الفلاسفة أيام نيوتن. وكان يُعتقَد أن اللونَ الأحمر أقوى الألوان، وأقلُّها تغيّراً، وأقربُها إلى اللون الأبيض الخالص، على حين أن اللونَ

الأزرق هو أضعفُ الألوان، وأكثرُها تغيّراً، وأقربُها إلى الأسود. ولكن مهما كان اللونُ المنبعث من الطيف -سواءٌ كان أحمرَ أو برتقالياً أو أصفرَ أو أخضرَ أو أزرقَ أو نيلياً أو بنفسجياً - فإن جميع هذه الألوان كان يُعتقد أنها ناشئةٌ من تحوّلاتٍ للضوء الأبيض الخالص.

وفي وولزثورب أَعَدَّ نيوتن تجربةً غير مألوفة؛ فقد أَظْلم غرفةَ نومه العلوية، المقابلةَ لجهة الجنوب، وأَحدَث في مصراع النافذة ثقباً بقطر ثُمن الإنش، ووضع في طريق الشعاع الضوئي الوارد موشوراً. فظهر الطيفُ الناتج على الجدار المقابل. ومما أثار عجبه أن الطيف قد اتخذ شكل شريطٍ مستطيل بدلاً من دائرةٍ تامة كان ديكارت قد قال بأنها ستظهر كذلك. وهذا يعني شيئاً واحداً هو انكسار كلُّ لونٍ من الألوان السبعة، أو انحرافه بزوايا مختلفة لدى عبوره خلال الموشور - الأحمر أقلها والبنفسجي أكثرها، وبقية الألوان بينهما.

وبحذرٍ دائم، أَعَدَّ نيوتن تجربةً ثانية تضارع الأولى في قوتها، وسماها التجربة الحاسمة experimentum crucis. فبعد أن وضع موشوراً قرب الثقب، اعترض الطيفَ بموشور آخر على بُعد 5 أو 6 ياردات من الموشور السابق. وكما في الموشور الأول، فإن الأشعةَ الزرقاء انحرفتْ بزاويةٍ أكبرَ من الحمراء. فكتب قائلاً: إن «شكلَ الألوان هو نفسُه في جميع الحالات». ثم تبيّن له أنه إذا استطاع حسابَ زوايا أشعة الألوان المنحرفة بدقة، أمكنه



رَسْم نيوتن لتجربته الحاسمة، يُظهر ضوءَ الشمس منكسراً خلال موشور، ثم منكسراً خلال موشور آخر. لم يطرأ أي تغيُّرٍ على الألوان.

صوغ قانونٍ جديد للانكسار. وبدأ بسرعة يحدّد هذه الزوايا، أو جيوب هذه الزوايا، في تبريرٍ آخر لاعتقاده بأن الطبيعة تعمل وفق مبادئ رياضية غاية في الدقة.

أفضت التجربة الحاسمة إلى فكرةٍ ثاقبة أخرى بعيدة الأثر؛ فقد رصد نيوتن كلَّ شعاعٍ أثناء مروره عبر الموشور الثاني، ووجد، كما اعتقدَ، أن اللون الأزرقَ بقي أزرقَ، والبرتقاليَّ بقي برتقالياً، وهكذا. ثم دوّر الموشورَ فبقيت الألوان على حالها. واستخلص أنه لو كانت الألوانُ مجرَّد تحوّلات للون الأبيض، كما كان الاعتقاد سائداً منذ زمن طويل، فإن الموشور الثاني يجب أن يُصدر ألواناً أخرى وذلك بتحويل الأحمر إلى برتقالي أو إلى أزرق أو إلى نيلي، ولكن شيئاً من ذلك لم يحصل. فاللون الأبيض - كما بَرهن دون أدنى شك -

مؤلَّفٌ من جميع ألوان الطيف، لا يتغيّر أيٌّ منها بمروره خلال الموشور. وبلغة الشعر، فإن إسحاق نيوتن قد «حلَّ الوشاح المضيء للنهار» ثم أعاد ضمّه برشاقة وحذق.

واليوم، وقد مضى على منجزات نيوتن أكثر من ثلاثة قرون، يحلو للمؤرخين أن يسموا حقبة وولزثورب سنة المعجزات annus mirabilis مع العلم بأن المكتشفات حدثتْ على مدى أكثر من سنتين لا في سنة واحدة. ومبلغ علمنا أن نيوتن لم يَنقُل يوماً أيَّ شيء مما تعلّمه إلى إنسان آخر. ولكنه سافر في الطريق المألوف إلى غرانثام سنة 1666، ربما لمكافأة نفسه أو إرضاء لوالدته. وهناك، وأمام ممثّل الملك كتب: «إسحاق نيوتن من وولزثورب، العمر، 23 سنة».