

إسحاق نيوتن

بحث من إعداد المهندس خالد العاني



«إن نيوتن أعظم وأندر عبقرى ظهر ليشرى النوع الإنسانى
ويعلمه»
هيووم

«تنبأت قوانين نيوتن بدقة عن حركة الكواكب حول الشمس، لذا
يعتبر نيوتن أعظم عالم فلكى»
ويل ديورانت

يقول نيوتن: «إذا كنت قد نظرت إلى أبعد فلأننى وقفت على
أكتاف عمالقة». إنه تواضع عالم يعزو الفضل لمن سبقه من
العلماء.

ولد نيوتن عام 1642، أي في نفس العام الذي توفي فيه غاليليو، وذلك في مزرعة صغيرة في مقاطعة لنكولن بإنجلترا. توفي والده قبل ولادته ورعته أمه وخاله. في سن الثانية عشر أرسلته أمه إلى مدرسة جرانام وجاء عنه في تلك الفترة أنه يهمل الدراسات المقررة، وكان يقبل على الموضوعات التي تستهويه وينفق الوقت الكثير على المخترعات الميكانيكية كالمزاول والسواقي.

أمضى نيوتن أربع سنوات في الدراسة في جامعة كامبردج حتى نال درجة البكالوريوس في الآداب عام 1665. وفي الكلية تصادق مع أستاذ الرياضيات «إسحاق بارو» الذي شجعه على تنمية معارفه الرياضية. في تلك الفترة ضرب وباء الطاعون إنجلترا فأغلقت كامبردج أبوابها أمام الطلاب حيث عاد نيوتن إلى مزرعة أمه ومكث فيها مدة سنة ونصف. ولعل تلك الفترة كانت أخصب فترة في تاريخ العلم، ففيها ابتكر نيوتن قوانين الميكانيكا الأساسية، كما اكتشف قانون الجاذبية وطبق هذه الاكتشافات على الأجرام السماوية، كما ابتدع طرق حساب التفاضل ووضع الأساس لاكتشافاته العظيمة في البصريات. وبقي عليه أن يقضي

بقية حياته العلمية شارحاً وموسعاً لهذه الاكتشافات. لم يعلن نيوتن على الملأ نبأ اكتشافاته تلك فوراً، فأغرقه هذا التكتّم والتأخر في خصومة وجدال طوال حياته مع أقرانه الذين ادعوا السبق في الكشف. عاد نيوتن إلى وظيفة التدريس في كامبردج حين فتحت أبوابها عام 1667. وتمت ترقّيته ليصبح أستاذاً للرياضيات حين بلغ السادسة والعشرين خلفاً لأستاذه «إسحاق بارو» بناءً على توصية منه واصفاً نيوتن بأنه «عبقري لا نظير له».

بنى نيوتن مختبراً للكيمياء في كامبردج وأجرى فيه الكثير من التجارب، وكان هدفه تحويل المعادن والوصول إلى «إكسير الحياة» أو ما سمي بحجر الفلاسفة. وقد ترك مخطوطات في الكيمياء دون نشر بلغ مجموع كلماتها زهاء 100,000 كلمة لا قيمة علمية لها.¹

أعمال نيوتن الأولى

حساب التفاضل

اشتهر نيوتن بحساب التفاضل حيث بدأ بحوثه به عام 1665، وذلك بإيجاد مماس لنصف قطر الانحناء عند أي نقطة على منحنى. ولم يسمي عمله حساب التفاضل بل الفروق المستمرة (fluxions). وقد وصف نيوتن طريقته في خطاب كتبه لبارو عام 1669 ولعله استخدم هذه الطريقة في التوصل إلى بعض النتائج المتضمنة في كتابه المبادئ عام 1687.

وكان عرضه له بصيغ هندسية مقبولة تتناسب قراءه. وكان في طبع نيوتن أن يؤخر نشر نظرياته ربما لحل بعض الصعوبات التي أوحّت بها. وعليه فقد انتظر حتى سنة 1676 لينشر نظرية «ذات الحدين» التي صاغها سنة 1665.

وهكذا بدا أن المفتاح الرياضي للكون قد اكتشف أخيراً والصورة النهائية التي تعبر عن هذه الحقائق هي المعادلات التفاضلية للحركة، كما أن الأداة الرياضية للتعبير عن الديناميكا هي حساب التفاضل الذي اكتشفه ليبتنز أيضاً بنفس الفترة بطريقة مستقلة. ومنذ ذلك الحين أخذت الرياضيات والفيزياء تتقدمان بقفزات هائلة.²

¹ عمالقة العلم ص 108.

² حكمة الغرب ص 56 برتاندنرسل عدد 72، 1982.

البصريات

بدأ نيوتن أبحاثه في البصريات سنة 1666، حيث وجد أن ضوء الشمس الذي يبدو أبيض إذا مرر عبر منشور زجاجي شفاف يتحلل إلى سبعة ألوان، وهي على الترتيب الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي، والبنفسجي، وهي ألوان الطيف المرئي ولكل لون منها له انكساره الخاص. وقد كتب «لاولدنبرج» أن نيوتن توصل إلى أهم كشف في عمليات الطبيعة. وقد أرسل نيوتن إلى الجمعية الملكية بحثاً بعنوان «نظرية جديدة في الضوء واللون» عام 1672، ثم جمع بحوثه في الضوء في كتاب «البصريات» الذي أصدره عام 1704.

ثارت مناقشات بين نيوتن وهوك حول ناقل الضوء، وكان هوك قد اعتنق نظرية هويجنز الذي زعم أن الضوء ينتقل على موجات أثير. وقد رد نيوتن بأن هذه النظرية لا تفسر مسار الضوء في خطوط مستقيمة واقترح بدلاً عنها نظرية الجسيمات أو الدقائق. فالضوء سببه إطلاق الجسم المضيء جزئيات مضيئة لا حصر لها تسير في خطوط مستقيمة خلال الفضاء رافضاً نظرية الأثير ناقلاً للضوء. ولكنه عاد بعد ذلك وقبل الأثير وسيطاً خلال أبحاثه عن قوة الجاذبية وتفسيرها.

التلسكوب العاكس

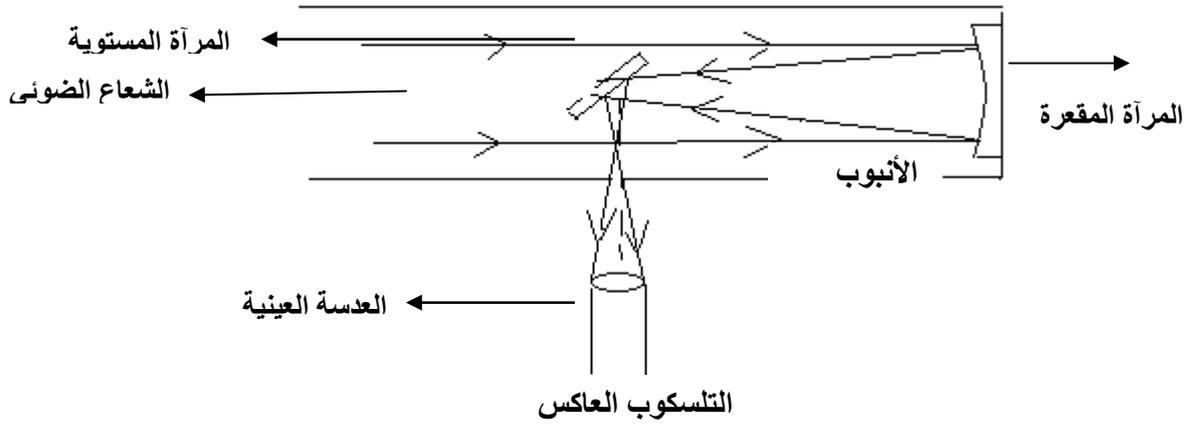
كان نيوتن يعتقد أنه لا توجد طريقة لتصحيح الزيغ اللوني الناشئ عن صنع العدسات في التلسكوب الكاسر. ومن المفيد أن نذكر أن العدسات الخالية من الأهداب اللونية لم يتم إنتاجها إلا بعد ذلك بمائة عام، فتوقف عن استعمال العدسات وابتكر تلسكوباً عاكساً يتكون من مرآة أولية على شكل قطع مكافئ ومرآة قطرية مستوية تعكس الضوء نحو العدسة العينية التي تثبت على جانب الأنبوبة.³

كان تلسكوب نيوتن الأساسي مكوناً من مرآة لا يزيد قطرها على 25 سم مصنوعة من سبيكة مرآوية مكونة من النحاس والقصدير، وكان بعده البؤري يعادل 15 سم تقريباً وقوة تكبيره تساوي 30



³ موسوعة علوم الفلك والفضاء والفيزياء الفلكية - ج2 ص 1321، د شوقي الدلال، الكويت.

ضعفًا. ولا يزال هذا النوع من التلسكوبات موضع الاستخدام من قبل هواة الفلك. قدم نيوتن تلسكوبه إلى الجمعية الملكية بناء على طلبها عام 1671، وفي 1672 أنتخب لعضوية الجمعية الملكية البريطانية.



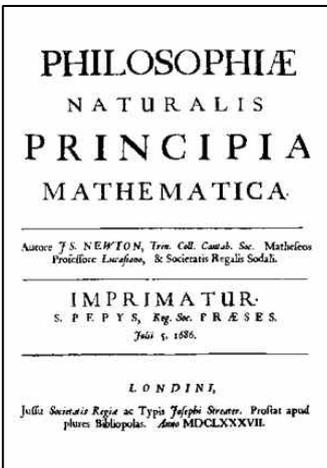
قوانين نيوتن

في عام 1687 نشر نيوتن في لندن كتابه «المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية». وقد كتبه باللغة اللاتينية وألفه في جو من الانفعال والانشغال الفكري والاجتهاد المتواصل مع نوع من الإشراق الصوفي كما يقول هو نفسه. يتألف الكتاب من ثلاثة أجزاء، عرض في الجزء الأول والثاني علم الميكانيكا بجمع أبحاث العلماء الذين سبقوه مع أبحاثه الشخصية. فجاء كتابه أشبه بكتاب «الأصول» لإقليدس. وهكذا وضع نيوتن أسس علم الميكانيكا الكلاسيكي بصياغة قوانين الحركة التي عرفت فيما بعد بقوانين نيوتن الثلاثة للحركة بالإضافة لقانون الجاذبية.

قوانين نيوتن الثلاثة للحركة

قانون نيوتن الأول

يبقى الجسم ساكناً أو يستمر في حركته على خط مستقيم وسرعة ثابتة ما لم يكن خاضعاً لتأثير قوة خارجية، وهو تعبير تعميمي لقانون العطالة لغاليليو. ويعبر عنه رياضياً على الشكل التالي:



$$M.V = \text{const}$$

حيث M هي كتلة الجسم، V هي سرعة الجسم، و const هي قيمة ثابتة.

قانون نيوتن الثاني

إذا أثرت قوة أو مجموعة قوى على جسم فإنها تكسبه تسارعاً يتناسب مع محصلة القوى المؤثرة به. ومعدل التناسب هو كتلة الجسم. وذلك حسب المعادلة التالية:

$$\sum F = M.W = \frac{d}{dt}(M.V)$$

حيث F هي القوة و W هو التسارع.

قانون نيوتن الثالث

لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له بالاتجاه:

$$F1 = - F2$$

قانون الجاذبية العام

تمكن نيوتن من وضع قانون الجاذبية العام بالاستفادة من قانوني كبلر الأول والثاني ومن القوانين العامة. وينص القانون على أن قوة الجذب بين جسمين تتناسب طردياً مع حاصل جداء كتلتيهما وتناسباً عكسياً مع مربع المسافة بينهما.

$$F = f \frac{M1.M2}{r^2}$$

حيث F هي قوة الجاذبية، M1 و M2 هي كتلة النقطتين الماديتين، r هي المسافة بين هاتين النقطتين، و f هو ثابت تناسب الجاذبية أو ثابت نيوتن. وهذا الثابت يساوي في جملة الوحدات:

$$f = 6.672 \times 10^{-11} \left(\frac{m^3}{kgS^2} \right)$$

ومع أن قانون الجاذبية العام الذي وضعه نيوتن كان للنقاط المادية، إلا أننا نجد أن الأجرام السماوية لها أحجام لا يستهان بها. وبذلك تمكن نيوتن من أن يحل المشكلة عبر البرهان بأنه عندما تتجاذب كتلتان فإنهما

تتجاذبان كما لو أن كتلتيهما متركزتين في مركزيهما. وبذلك استطاع أن يعمم هذا القانون على الكون كله، مفسراً بذلك حركة الكواكب والقمر، ومدركاً أن قوة الجاذبية هي التي أبقت الكواكب السيارة في مداراتها حول الشمس، وكل نجم في مداره حول مركز المجرة.

وبذلك يكون نيوتن قد قدم التفسير النهائي في ميدان علم الفلك لما كان كوبرنيكوس وكبلر قد اتخذوا الخطوات الأولى في سبيله. هذا وقد عبر نيوتن عن فكرة الجاذبية في تعقيبه العام الذي ختم به الجزء الثاني من كتابه بقوله «إن الجاذبية تعمل حسب كمية المادة الجامدة التي تحتويها الشمس والكواكب وتنتشر قوتها على جميع الجهات متناقصة أبداً بما يتناسب مع المربع العكسي للمسافات». وقد طبق هذا المبدأ وقوانينه في الحركة على مدارات الكواكب ووجد أن الكواكب تتحول عن حركتها المستقيمة وتحفظ في مداراتها بقوة تميل صوب الشمس وتتناسب عكساً مع مربع أبعادها عن مركز الشمس. وعلى أساس مبادئ مماثلة فسر جذب المشتري لتوابعه والأرض للقمر. كما بين أن نظرية ديكارت في الدوامات باعتبارها الشكل الأول للكون لا يمكن التوفيق بينها وبين قواعد كبلر. ثم قام بحساب كتلة كل كوكب وعلل رياضياً تفلطح الأرض عند القطبين، وعزا انبعاجها عند الاستواء إلى قوة الشمس الجاذبة. كما قام بوضع رياضيات المد والجزر باعتبارهما راجعين إلى جذب الشمس والقمر الموحد للبحار. ورد مسارات المذنبات إلى مدارات منتظمة وبذا أيد نبوءة هالي. وبذلك صور نيوتن كوناً أكثر تعقيداً من الناحية الميكانيكية مما كان يعتقد من قبل. لأنه نسب صفة الجذب لجميع الكواكب والنجوم. وبذا وضع نيوتن قانوناً يحكم أبعد النجوم بحيث تخضع لذات قوانين الميكانيكا والرياضيات اللتين يخضع لهما أصغر جزئيات المادة على الأرض.

ذلك هو قانون الجاذبية العام الذي مكن من حل الكثير من المشاكل العلمية وتفسير الكثير من الظواهر الطبيعية. وقد خصص نيوتن الجزء الثالث من كتابه «المبادئ» لعرض نظريته عن نظام الكون، وهو نظام طبق فيه القوانين التي توصل إليهما في الجزئين الأول والثاني على مجموعة المشاكل التي كانت تناقشها الفلسفة في أبحاث الطبيعيات. واضعاً حداً للتفسيرات الميتافيزيقية والافتراضات التي لا تقوم على التجربة، مرجعاً مختلف الظواهر الطبيعية إلى مبدئين اثنين هما المادة والحركة فاكتملت بذلك النزعة الميكانيكية السيطرة العامة في مختلف المجالات.

في عام 1685 أرسل نيوتن رسالة في «قضايا الحركة» إلى الجمعية الملكية لخص آراءه في الحركة والجاذبية. وفي 28 نيسان من عام 1686 قدم نيوتن مخطوط الجزء الأول من كتابه «المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية». وفي أيلول 1687 نُشر المؤلف كله برعاية الجمعية الملكية البريطانية، حيث أنفق «هالي»

من جيبه الخاص على نشر الكتاب لأن الجمعية كانت تمر بضائقة مالية. وهكذا بعد عشرين عاماً من الإعداد ظهر أهم كتاب في العلم في القرن السابع عشر لا يضارعه في عظم تأثيره في ذهن مثقفي أوروبا سوى كتاب كوبرنيكوس «في دوران الأجرام السماوية» (1543) وكتاب دارون «في أصل الأنواع» (1859). يقول ديورانت في كتابه قصة الحضارة: «هذه الكتب الثلاثة هي أهم الأحداث في تاريخ أوروبا الحديث». نفذت الطبعة الأولى من كتاب المبادئ سريعاً ولم تظهر له طبعة ثانية حتى عام 1713. وقلت نسخه حتى أن عالماً قام بنسخه كله.

الاعتراض على نظرية نيوتن وموقفه الديني



لم تحظ نظرية نيوتن في الجاذبية بالقبول السريع. ففي فرنسا رفض النظام النيوتوني لتشبث العلماء هناك بدوامات ديكارت إلى أن عرضه فولتير عرضاً ملؤه الإعجاب والتبجيل سنة 1738. حتى في إنكلترا «بلد نيوتن» اعترض على نظريته. وعن ذلك يقول فولتير: «إن المرء بالكاد يجد عشرين عالماً يرضونها - أي نظرية الجاذبية - بعد نشرها بأربعين عاماً». كان أغلب الاعتراضات عليها في إنكلترا اعتراضات دينية. وفي هذا يقول كاسيني وفونتيل: «إن الجاذبية ليست قوة أو صفة غيبية تضاف إلى القوى الماضية». وقالوا بأن

نيوتن شرح بعض العلاقات بين الأجرام السماوية ولكنه لم يكشف عن طبيعة الجاذبية التي ظلت سرّاً خفياً كسر الإله. وقال لبيتنز: «ما لم يستطيع نيوتن بيانه هو الكيفية التي تستطيع الجاذبية أن تؤثر بها خلال فضاء يبدو فارغاً في أجسام تبعد عنها ملايين الأميال، ولذلك لا يمكن قبول الجاذبية على أنها أكثر من مجرد كلمة». وهذا جورج باركلي (1710) في كتابه «مبادئ المعرفة الإنسانية» يأسف لأن: «نيوتن يرى الفضاء والزمان والحركة مطلقة، سمردية فيما يبدو، وموجدة ومستقلة عن المساندة الإلهية. فالميكانيكية تطغى على النظام النيوتني طغياناً لا يترك فيه مكاناً لله!!».

لما أعاد نيوتن طبع الكتاب ثانية حاول أن يهدئ من نائرة نقاده. فأكد للبيتنز أنه لا يفترض قوة الجاذبية تعمل عن بعد خلال الفضاء الفارغ، وأنه يعتقد بوجود ناقل لها هو الأثير حيث قبله هنا بعد أن رفضه كناقل للضوء سابقاً.

لقد خشي اللاهوتيون من تأثير كتاب المبادئ على الدين. ولكن المحاضرات التي ألقاها بنتلي بتشجيع من نيوتن (1692) أيدت الأيمان وأكدت على وحدة الكون ونظامه وهي تكفي كأدلة على حكمة الله وعظمته. وقد ألحق نيوتن بالطبعة الثانية لكتابه تعقيماً عاماً عن دور الله في نسقه الكوني رغبة منه في الرد على اعتراضات بعض رجال الدين، فقصر نيوتن تفسيراته الميكانيكية على العالم المادي، ورأى حتى في ذلك العالم المادي أدلة على وجود خطة إلهية. فالآلة الكبيرة تتطلب مصدراً لحركتها لا بد أن يكون هو الله، ثم إن في النظام شذوذات في المسلك يصححها الله تعالى دورياً كلما ظهرت. واختتم بحثه بهذه العبارة: «إن هذا النظام البديع نظام الشمس والكواكب والمذنبات لا يمكن أن تتبعث إلا من مشورة كائن ذكي قوي ومن رحابه».

لقد تطلبت أستاذه في كامبردج الولاء للكنسية الرسمية الأنجليكانية. وكان يختلف إلى الخدمات الكنسية. وقد درس الكتاب المقدس بنفس الغيرة التي درس بها الكون. وقد أثنى عليه رئيس الأساقفة بقوله: «إنك تعرف من اللاهوت أكثر مما نعرف». وقال «لوك» عن معرفته بالأسفار المقدسة: «لست أعرف من أمثاله إلا القليلين». يقول المؤرخ ديورانت: «وقد خلف كتابات لاهوتية يفوق حجمها كل مؤلفاته العلمية».

وبالطبع تربح نيوتن على قمة العلم و تركزت جهود الفيزيائيين بعده على إكمال نسقه وبنائه. ولم يتعرض نسق العلم الذي وضعه لأي تحد خطير، وبدا مؤيداً من كل كشف في علم الفيزياء وعلم الفلك حتى ظهور النسبية و ميكانيكا الكم. ورغم ذلك ظلت الخلافات بين النظرية النسبية وبين ميكانيكا نيوتن تنحصر في أن نيوتن اعتبر المكان والأبعاد والزمان و الحركة مطلقة، أما أينشتاين فقد اعتبرها نسبية.

وعلى الرغم من هذه التطورات بقيت نظرية نيوتن تفسر العالم الأكبر (الماكروكوزم) وتفشل في الاقتراب من العالم الدقيق (الميكروكوزم) عندما تتحرك الجزيئات بسرعة تقترب من سرعة الضوء كما في عالم الذرة والإلكترون. وتبقى النظرية النسبية تحكم العالمين معاً بالقوانين نفسها وتخضعهما للمعادلات الرياضية نفسها. وعليه فالنظرية النسبية كانت أعلى في الدقة والعمومية بأن واحد.

المنهج العلمي لدى نيوتن

اعتمد منهج نيوتن في التفكير على البدء بفحص الظواهر لمعرفة خواصها ولتقريرها في صيغ رياضية بناءً على الملاحظات والتجارب. ثم يبحث بعد ذلك عن الفروض التي تفسر هذه الظواهر مع تجنب تلك التي تقوم

على التعسف وتتجاوز نطاق الأشياء التي يمكن ملاحظتها. فلم يكن من مهمة الفلسفة التجريبية عند نيوتن تفسير الظواهر وطريقة نشأتها بأسباب خفية لا يدركها العلم.

وربما كان السبب في نفور نيوتن من مصطلح الفروض راجعاً إلى معرفته للفروض الفلسفية التي وضعها ديكارت في العلوم الطبيعية كفرض الدوامات الهوائية في أصل نشأة الكون. وكالفروض التي وضعها أساتذة الفلسفة في القرون الوسطى. ولهذا كان عدواً لمثل هذه الفروض التي تسرف في اعتماد الخيال.

ثم إن كلاً من نيوتن وديكارت استخدم المنهاج الفرضي الاستنتاجي، ولكن الفرق بينهما في استعماله يمكن تلخيصه كما يلي: كان ديكارت يشترط أن تكون المبادئ واضحة ووضوحاً عقلياً وأن تكون الأشياء الأخرى مستنتجة منها. أما نيوتن فهو يلح على ضرورة عدم افتراض أي شيء قبل البرهنة عليه والتأكد منه بالتجربة، فهو لم يكن يقبل بالفرضية إلا بعد أن تصبح حقيقة علمية، كأن يقول: «أنا لا افترض بل أبرهن». كما كان يطلب من النظرية العلمية أن تساعد على حساب القيم العددية للظواهر الطبيعية بشكل دقيق، ثم يلجأ إلى التجربة للتأكد فيما إذا كانت الطبيعة تقدم لنا تلك الظواهر بنفس الدقة.

احتج بعض أعداء الفروض بعبارة لنيوتن ظنوا أنه يحارب الفروض ويحذر من استعمالها. يقول: «لقد تقدمت الآن في تفسير الظواهر السماوية وظواهر المد والجزر بقوة الجاذبية ولكني لم أحدد أسباب الجاذبية ولم أستطع أن أستنبط من الظواهر أسباب خواص الثقل ولم أتخيل فروضاً لأن كل ما لا يستنبط من الظواهر يسمى فروضاً. وليس للفروض مكان في الفلسفة التجريبية، سواء أكانت فروضاً ميتافيزيقية أم فيزيقية - طبيعية - أم خاصة بالصفات الخفية أم ميكانيكية ففي هذه الفلسفة تستنبط القضايا الخاصة من الظواهر ثم تعمم بالاستقراء. وعلى هذا النحو عرفت قوانين الحركة وقوانين الثقل». كان حرياً بالذين استغلوا كلام نيوتن أن يستعرضوا كامل رأيه في المنهاج العلمي وكيفية استنتاجه للفروض من الوقائع الطبيعية، وأن يستعرضوا السياق الذي قال فيه هذا الكلام.

وأخيراً فإن إلحاح نيوتن على عدم المجازفة بأية فرضية إلا إذا أيدتها التجربة سلفاً جعله أقرب ما يكون إلى الوضعيين الذين ما صرحوا بانتمائه إليهم.

الخاتمة

عين نيوتن مديراً لإدارة سك النقود عام 1699 فأسهم في تحسين صناعة النقود تحسیناً جعلها مقاومة للعطب. انتخب نيوتن سنة 1703 رئيساً للجمعية الملكية البريطانية وظل في هذا المنصب حتى وفاته. وقد منحته الملكة آن رتبة فارس عام 1705.

توفي السير إسحاق نيوتن في 20 آذار عام 1728 في الخامسة والثمانين من عمره فدفن في كنيسة وستمن ستر، بعد أن شيع بجنازة تصدرها رجال الدولة والنبلاء. ويروي فولتير كيف شاهد أثناء منفاه في إنجلترا رياضياً يدفن بمظاهر تكريم الملوك. وراثه الشعراء بمراثيهم. قال بوب: «إن الطبيعة وقوانينها كان يلفها ظلام الليل وقال الله ليكن نيوتن فأصبح الكل ضياء».

إن تقدير نيوتن لإنجازاته يلخصها بقوله: «لست أعلم كيف أبدو للعالم، ولكنني أبدو لنفسي وكأنتي صبي يلعب على شاطئ البحر، ألهو بين الحين والحين بالعثور على حصاة ملساء أو صدفة أجمل من العادة. بينما ينبسط محيط الحقيقة العظيم مغلق الأسرار أمامي».

المراجع

1. قصة الحضارة ، ول ديورانت ، ج 33.
2. موسوعة علوم الفضاء والفلك والفيزياء، أ د شوقي دلال. الكويت.
3. عمالقة العلم . فيليب كين. دار دمشق.
4. المنهاج التجريبي وتطور الفكر العلمي، د. عابد الجابري. دار الطليعة.
5. حكمة الغرب، برتراندرسل. العدد 72. عالم المعرفة، الكويت.
6. فلسفة العلم في القرن العشرين، ديمى الخولي. العدد 264. عالم المعرفة، الكويت.

