

# البرنسبيا لاسحق نيوتن

بتأللم:

الأستاذ أ.د. عصي الدمرداش

الأستاذ بكلية الفنون التطبيقية

تمهيد

الفرغاني والبيروني وابن الهيثم ، ورياضيات اقتبسوها عن الخوارزمي والنيريزى ، وجابر بن أفلح .

لقد كانت كل هذه المغامرات في الحيطات أول الشعاع الذي أنار الطريق نحو العلم الأوروبي ، بل حدثت مناخ هذا الفكر لسنين طويلة ، ويقيتاً تجده بضماتها في برنسيبيا نيوتن ، ذلك لأنها أظهرت مشاكل جديدة لم يكن للفكر عهد بها ، فالشرع قد استبدلوه من النوع المربع إلى النوع الثالث الذي كان يستخدمه الملائكون العرب ، واستجاباته لضغط الريح واتجاهه يحتاج إلى حلول سريعة ، ومن ثم نشأت مفاهيم رياضية جديدة صاغها العالم الهولندي كريستيان هوينز في متوازي أضلاع السرعة ، ومتوازي أضلاع القوى .

ولكن كيف للسفين أن يعرف الوقت ، وهو يمخر عباب البحار والحيطات ، والزمن يمر تباعاً ليالي وأياماً؟ مصباح ضخم من البرونز شاهده العالم الإيطالي جاليليو في إحدى الكاتدرائيات ، وهو يتذبذب مرات ومرات ، فشرد ذهنه عن القدس ، وقاده ذبذبات المصباح وهي تتناقص رويداً رويداً ، قاسها بنبضات قلبه ، فدهش عندما وجد أن زمن ذبذبة صغيرة هو نفس زمن ذبذبة كبيرة .

سفائن في البحر موشكة أن تقلع ، كل سرب منها حول المرافئ قد تلاق واحتشد ! ، ومتغمرون في البحر عملاقة أشداء يبتغون اقتحام الصباب الكثيف الذي ران على الأفق البعيد ، محتججاً خلفه ذلك الكون الغامض اللامهاني ، بخار من البرتغال يصلون إلى شواطئ أفريقيا ، ويلتفون حولها حتى شرقها ثم المحيط الهندي ، فيصيرون العرب ، وتجارة العرب بتصدع شديد ، وملائكون من الأسنان يخوضون المحيط الأطلسي حتى شواطئ كوبا .

ما كان لهؤلاء أن يحققوا أهدافهم لو لا العلم العربي في الأندلس ، علم من قديم يشرق ، وينبوع ما وفى يتدقق ! نقله ترجمة أسبان ، أمثال تيفولي وجيراردو دي كريمونا في طليطلة ، ويهود أمثال أسرة ابن طبون في غرناطة ، وابن حسداي في برشلونة ، وغيرهم أمثال موسى بن ميمون .

أزياج زودت الفلكيين بمعلومات غزيرة ، يسرت رحلات المحيط بالاستعانة بالأفلاك ، استمدواها من الباتاني والزرقاوي ، وشرحوا في علم الهيئة أخذوها عن

ثالثاً: أن النسبة بين مربعات أزمنة دوران الكواكب المختلفة حول الشمس ، تساوى النسبة بين مكعبات متوسطات أبعادها عن الشمس .

ونشط علم البصريات في فرنسا على يد ديكارت ، وفي إنجلترا على يد نيوتن ، مستمدًا ينابيعه من بحوث ابن الهيثم في هذا العلم ، بل يكاد يكون نقلًا كاملاً له ، ولكن بتخريج جديد يتباين مع روح الحضارة الأوروبية .

لقد كانت الضربة القاصمة التي أصابت القسطنطينية عام ١٤٥٣ م ، بيد الأتراك العثمانيين نقطة تحول كبيرة في تاريخ العلم بأوروبا ، فهرب كثير من علماء بيزنطة حملون معهم التراث الهيليني ، وتراث الأغارقة ، إلى القوميات الأوروبية الناشئة في الوسط والشمال ، والتقت هذه العلوم مع علوم العرب الصاعدة من جزيرة صقلية ، حيث عمرتها الحضارة الإسلامية لأكثر من مائتي عام ، كما التقت مع علوم الأندلس التي روت هذه الجزيرة أكثر من خمسةمائة عام . وساعدت مطابع فينيسيا وروما على نشر هذه العلوم مترجمة إلى اللاتينية واللغات الأخرى .

وتشكلت روح الحضارة الأوروبية تشكلاً كاذبًا ، على غرار الكتل المنصهرة من المعادن التي لا تتبلور حسب الشكل الطبيعي لبلوراتها ، بل تضطر إلى ملء الأشكال الجوفاء الموجودة في الطبقات الجيولوجية ، مما تتركه البلورات القديمة بفعل التعرية ، ثم تتجبر تلك الحضارة لستين طويلاً ، وكادت تختنق ، وساعدتها على ذلك تحكم البابوية ، وحجرها المتواصل على العقول المتحررة ، فأحرقت جرданو برونو حياً ، وأرغمت جاليليو على التنكر لآرائه .

غير أن العلم لم يطق أن يعيش طويلاً مكبلًا بالأغلال ، فأمسى أشد انفعالًا ، كلما هبت الربيع زاد اشتغالاً ، فخر جت إنجلترا على الكنيسة الكاثوليكية ، واعتنقت

تلقيف الفكره العالم كريستيان هويجنز عام ١٦٥٦ م وأدرك أن هذا المصباح المعلق يرشده إلى دراسة «البندول» ومن ثم يمسى أساساً لقياس الوقت ، وصاغ بحوثه عن هذه الدراسات في قانون رياضي هكذا :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

أى أن الزمن  $T$  اللازم لحدوث ذبذبة واحدة ، يرتبط بالنسبة التقريرية  $T$  ، والجذر التربيعي لطاول «البندول»  $L$  مقدراً بالأقدام ، وعكسياً مع الجذر التربيعي لعجلة الجاذبية الأرضية  $g$  ، وتقدر بحوالى ٣٢ قدمًا - ثانية - ثانية .

فالبندول الذي طوله قدمان يستغرق ١,٥٧ ثانية ليكمل ذبذبة كاملة .

وها هو تيخو براهيم العالم الفلكي يتبع بحوثه في الفلك ، في مرصدته بجزيرة هفين بالمضيق الذي يفصل بين السويد والدانمارك ، بحوثاً استغرقت عشرين عاماً، حصل منها على أعظم مجموعة من المعلومات الفلكية ، وأكثرها دقة قبل اختراع المنظار ، واستأنفها ساعدده الأيمن العالم النساوى «كيلر» بعد أن طرد من جامعة جراتز ، فأمضى عدة أعوام في إكمال بعض الجداول عن حركات النجوم ، وخرج من هذه الدراسات بوضع قوانين تخضع لها حركة الكواكب :

أولها : أن الكواكب كافة تسير في قطاعات ناقصة تحيط الشمس إحدى بؤرتها ، فحركاتها بيضية الشكل .

ثانية : يمسح الخط الوهمي الواصل بين الشمس والكوكب مساحات متساوية من فلك الكوكب في أزمنة متساوية ، ذلك لأن الكواكب في أثناء سببها حول الشمس ، تزداد سرعتها عندما تقترب من الشمس في «حضيض» المسار ، كما تقل سرعتها بالابتعاد عنها (في الأوج) .

في الأفق البعيدة مدفوعاً بحنين عنيف ملتح إلى البعيد واللانهائي ، وفي الفلسفة ديكارت نراه كثير التنقل والترحال بين فرنسا وهولاندا والسويد ، باحثاً عن المجهول الذي يمثل الحقيقة ، وفي الفلاسفة جاليليو وكبلر وفلامستيد يجوبون أنحاء الكون الغامض المحدود وغير حدود ، وفي الرياضيات كافيليرى الذي مهدت بحوثه الطريق إلى حساب التفاضل والتكامل ، وفي اللوغاريتمات نابير وبرجز ، وفي المناظر ديكارت ونيوتون وفرما ، ذلك الحماي الشاب الذي درس الرياضيات وتعمق فيها بنفسه كعالم هاو ، حتى مهدت بحوثه مولد الهندسة التحليلية ، وفي المعرفة الفلسفية ديكارت وبسكال ولوك .

وفي الجامعات بالرمو وبادوا باليطانيا ، والسربون بفرنسا ، وبالسويسرا ، وكامبردج وأكسفورد وجريشام بإنجلترا وجراتر بالنسا ، وفي الجمعيات العلمية : الجمعية الملكية بإنجلترا ، والأكاديمية العلمية بفرنسا ، وجمعية دى لانسى باليطانيا ، وفي تكنولوجيا التعدين أجريكولا بفارسوفيا ، حيث استحدثت وسائل جديدة لاستخراج وتنقية الفلزات من معادنها ، الموجودة في ذلك الوقت بأوروبا ، أو التي عثرت عليهابعثات الاستعمارية في أمريكا الجنوبيّة .

هكذا كانت المفاهيم جميعها تنبض بالإمداد والاتجاه ، أمام القرن السابع عشر الميلادي ، ذلك القرن الديناميكي الآلى الذي يقف في مفترق الطريق ، يلقى نظرة عبر الحضارات كلها ، بما فيها الحضارة التي ينتمي إليها ، وكأنه ينظر فيها وراء سلسلة من قمم الجبال تمتد في الأفق البعيد !

إيه يا تاريخ العلم أيها السجين ! ! لشد ما طال انتظارك لعبكري جهبد ، يفك عنك قيودك التي خنقتك تحت تأثير التشكيل الكاذب لما هي الحضارات السابقة ، ويهبك ألواناً من الأنماط العلمية التي لم تكن تعهدنا من قبل ، تلك الأنماط التي أرغمت القرون

البروتستانتية مذهبًا لها عام ١٥٥٩ م ، حتى تسترد حريتها في ظل الثورة العلمية الكوبرنيقية ، التي كانت ترى الكون على صورة فضاء لانهائي ، ضلت فيه الأجرام السماوية اللانهائية ، على نقيض الحضارة الإغريقية التي كانت ترى الكون مغلقاً إغلاقاً تماماً بواسطة قبة السماء المادية ، وينتظم بواسطة التناسب والانسجام بين جميع الأشياء القريبة الظاهرة مباشرة ، فهو كل منعزل مادي بجسم ليس وراءه شيء .

لقد اتخذ اليوناني رمزه الجسم المنعزل الحاضر الساكن ، وهذا كانت الفيزيقا اليونانية استاتيكا الأجسام وفيزيقاً القرب ، أما روح الحضارة الأوروبيّة فقد ابتكرت ديناميكا المكان اللامتناهي ، وفيزيقاً بعد أي التأثير من بعيد ، بينما كانت الفيزيقا اليونانية فيزيقاً قرب لا تستطيع أن تصور التأثير بدون الملامسة : إلى اليوناني ينتمي التقسيم إلى صورة وهيولي ، وإلى العربي ينتمي تصور الجوهر وخواصه الظاهرة والخفية ، وإلى الأوروبي القوة والكتلة .

والفيزيقا الغربية تقوم كلها على عقيدة واحدة هي « القوة » ، « القوة » هذه كمية أسطورية لم تصدر عن التجربة العلمية ، وإنما آمنت بها هذه الفيزيقا إيماناً ، ثم طبقتها على التجربة العلمية ، وفرضتها عليها فرضياً : أسطورة تذيب المادة الطبيعية ، كما يذيب الطراز القوطي الذي يمثل روح الحضارة الأوروبيّة ، الكتلة الحجرية في كاتدرائياته ، تلك الكتلة التي تخلق كالشجاع في فيض من الصور والخطوط الحالية من كل ثقل ، والتي لا تعرف للحدود معنى .

نبع لانهائي من الإنجازات ، في شتى الحالات ، في موسيقى السيمفونيات التي تعبّر عن البعد العميق ، وفي تصوير المدرسة الفلمنكية حيث يستخدم رموز نبات اللون الأزرق والأسود والأخضر ، وهي التي توحى بالمنظور اللانهائي ، وفي المسرحيات شكسبير الذي يخلق شخصية هملت التي لا تستقر في مكان ، بل تراه يجول

قد وصل إلى نتائجها عن طريق الفرع الجديد من الرياضيات الذي ابتدعه ، وهو حساب الفيصل أو الانسياب (التفاضل والتكامل) كما كان يسميه ، ولعلمه بأن سائر الرياضيين ما زالوا يجهلون هذا المولود الجديد من الرياضيات ، ولكن يتأى عن انقادهم الذي كان يضيق به صدره كثيراً ، أعاد كتابة تدليله في قالب هندسى ، حتى لا ينكرون صحة النتائج التي وصل إليها .

وهكذا كان لنقد بارو للطالب الناشئ أكبر الأثر في النهاية .

وفي عام ١٦٦٥ م حصل نيوتن على درجة البكالوريوس بمرتبة عادية دون تميز خاص .

وفي منتصف ذلك العام هبط لندن وباء الطاعون المشهور ، فسبب وفاة شخص واحد من بين كل عشرة إشخاص من أهل لندن خلال بضعة أشهر من انتشاره ، فأغلقت جامعة كمبردج أبوابها ، لقربها من مركز الوباء وعاد الطلبة إلى منازلهم ، وهكذا عاد نيوتن إلى القرية التي ولد فيها بعيداً عن هذا الوباء ، ومكث ثمانية عشر شهرًا في عزلة ريفية ، كانت أكثر الفترات إنتاجاً في حياته ، حيث توصل إلى الاكتشافات التالية :

١ - نظرية ذات الحدين بأى أس ، وصل إليها عند بحثه طريقة واليسن في إيجاد مساحات المنحنيات التي على صورة ص = (١ - س<sup>٢</sup>)<sup>n</sup> حيث n عدد صحيح موجب على أساس فكرة اللامنقيمات ، وهي فكرة نجد فيها بصمات نظرية الجوهر الفرد للمكان ، تلك النظرية التي ابتدعها العلماء العرب وأئمهم الرazi . وأخفق واليسن في إيجاد المساحة عندما تكون المنحنيات أمثل منحنى الدائرة ص = (١ - س<sup>٢</sup>)<sup>½</sup> ، ونجح نيوتن في إيجادها أثناء عزلته بالقرية ، وبذلك توصل إلى نظرية ذات الحدين بأىأس .

التالية لكي تمثلها وتسير على هديها ، فتقفز الحضارة الأوروبية وثبتت سريعة ، ثم تسير فوق الزمان خجلاً ! لا عليك بعد اليوم ، فقد أتاك أحق نيوتن بعلم جديد في البرنسبيا !

ولكن من هو نيوتن هذا ؟

## تأريخ نيوتن

ولد أحق نيوتن ليلة عيد ميلاد عام ١٦٤٢ م ، في السنة التي توف فيها غاليليو ، والتي قامت فيها الحرب الأهلية بين تشارلس الأول والبرلمان الإنجليزي ، في قرية ولز ثورب الصغيرة في مقاطعات لانكشير ، على بعد ستة أميال من مدينة جرانثام ، بعد وفاة أبيه المزارع الفقير ، وكان ضعيف البنية حتى خيف عليه إلا يعيش ، وتزوجت أمه فتركته يعيش مع جدته ، ثم مات زوجها الثاني عام ١٦٥٦ م ، فعادت مع أنجحها الثلاثة منه إلى قريتها ، وطلبت من ابنها الأكبر أحق نيوتن أن يساعدها في الزراعة لتربيه أخواته ، ولكنه فضل التعليم في جرانثام حيث أخذ قسطاً يسيراً من اللاتينية واليونانية والتاريخ القديم .

وفي عام ١٦٦١ م التحق بكلية ترينيتي في سن الثامنة عشرة ، وكرس حياته لدراسة العلوم الرياضية على يد الأستاذين بارو ، وواليس ، فكان لها الفضل الأكبر في تكوينه ، وشغف أثناء دراسته ببحوث ديكارت في الرياضيات ، ويقول نيوتن في مذكراته إنهقرأ بامעان أعمال فيينا وواليس في حساب الأعداد الالهائية عام ١٦٦٣ م وما بعدها ، وفي عام ١٦٦٤ م أدى امتحاناً للحصول على الماجister بالكلية ، وحصل عليها رغم تنديد أحد الممتحنين ، واسمي الدكتور بارو أستاذ بجامعة نيوتن بمنطقة إقليدس ، مما حدا بنيوتن إلى إعادة دراسة هذه الهندسة بعنابة كبيرة ، حتى أنه استخدمها فيما بعد استخدام الخبير المفكر حين قدم للعالم تفسيره الرياضي للجاذبية الكونية ، كان نيوتن

واختار نيوتن محاضراته الأولى علم البصريات ، وكان قد قام ببحوث كثيرة ظلت حبيسة بين جدران الجامعة فترة طويلة ، ولكنه ما إن انتخب لعضوية الجمعية الملكية حتى أرسل إلى هذه الهيئة بمقابل قام على محاضراته ، سرعان ما أدى إلى شهرته بين علماء أوروبا ، ولكنه ما لبث أن وجد نفسه وسط عاصفة شديدة من النقد والاشتخارات من زميل له في الجمعية الملكية اسمه روبرت هوك مكتشف نظرية المرونة ، الذي وجد نفسه وقد ابتلعه شهرة هو يجذب في الميكانيكا ، وهذا هو نيوتن على وشك أن يكتسحه في بحوثه الجديدة .

واستمر نيوتن في نشر مقالات عدّة في مادة الضوء في المختارات الفلسفية ، وهي الصحفة الرسمية للجمعية الملكية ، نجد بصمات الحسن بن الهيثم في كثير منها ، وفي إحداها تقدّم بنظرية تقول إن الضوء يتكون من جسيمات صغيرة جداً تخرج من الأجسام المضيئة خلال الفراغ ، وهذا يتعارض مع النظرية الموجية لهو يجذب التي تؤكّد ضرورة وجود وسط لا وزن له ، غير مرئي اسمه « الأثير » لا يمكن ادراكه بالحواس ، ولكنه ينتشر في الفراغ ، ويملاً الفراغات الصغيرة الموجودة غير جزئيات الهواء والماء والأخرى .

لم تكن هذه الفكرة الأخيرة غريبة عن الذهن الإنساني ، إذ أنها توجد واضحة تماماً عند مذهب « اليوجا » أحد المذاهب الهندية العديدة .

وفي عام ١٦٧٥ م صدر استثناء خاص بالنسبة لنيوتون يسمح له باستمراره أستاذًا لكرسي لوکاس بجامعة كمبردج مع الاحتفاظ بعضوية الكلية ، دون أنخذ العهد الكهنوتي ، رغم أن العضوية بكلية ترينيتي تنتهي بعد فترة معينة ما لم يكن صاحبها من رجال الكهنوتوت .

وبين السنوات ١٦٧٣ - ١٦٨٣ كانت محاضراته في كمبردج في علم الجبر ، لا سيما ما كان يتعلق فيها

٢ - وفي مايو ١٦٦٥ م توصل إلى طريقة الماسات وفي نوفمبر عرف الطريقة المباشرة للفيض أو الانسياب ، وهي مبادئ ما نسميه اليوم بحساب التفاضل ، وكان قد بذر بذورها أستاذه الكبير بارو .

٣ - وفي نفس العام شرع يفكّر في الجاذبية ويتصورها متداة إلى مدار القمر ، وقارن بين القوة الالزامية لبقاء القمر في فلكه مع قوة الجذب على سطح الأرض .

وفي الواقع كان معروفاً أن القوة التي تؤثّر في جسم ما على بعد مسافة ف من نقطة خروج هذه القوة تتناسب عكسياً مع مربع ف وليس مع ف ، ويمكن التعبير عن قوة الجذب بين كتلتين كـ  $\frac{1}{r^2}$  ، كـ  $\frac{1}{r^2}$  بالصورة الرياضية

$$F = G \times \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

حيث  $G$  ثابت الجاذبية وحتى عام ١٦٦٥ م لم يكن هناك تعريف واضح أو قياس لمفهوم القوة في علم الميكانيكا ، والكتلتان  $m_1$  ،  $m_2$  تبعان عن أجسام صغيرة جداً بالنسبة للمسافة  $r$  التي تفصل بينهما .

كان نيوتن شاباً حدّثاً لا يتجاوز الأربعه والعشرين عاماً ، حينما وضع الخطوط الأساسية لموضوع الجاذبية ، واستمر يتابع براهين هذه القوانين في صور رياضية ديناميكية لعشرين سنة أخرى ، ثبّت خلالها أن تأثير الجاذبية لكرة كبيرة يمكن حسابه على أساس الافتراض بأن كتلة هذه الكرة قد تركزت في مركزها .

وفي عام ١٦٦٧ م عاد نيوتن إلى كمبردج ، وانتخب عضواً في كلية ترينيتي ، وفي السنة التالية نال درجة الماجستير في الرياضيات ، وما وافى عام ١٦٦٩ م حتى تخلى له بارو عن كرسيه ، فأصبح أستاذًا بهذه الكلية ، وكان سنه وقتئذ سبعة وعشرين عاماً ، أما الأستاذ بارو فقد أصبح عميداً لها .

الجامعة ليمثلها في البرلمان تقديرًا لهذه المواقف الخامسة ، فكانت فرصة ساعدته على التعرف بالفيلسوف الإنجليزي المعاصر جون لوك ، وبالكثير من أصحاب الجاه والفوذ . وفي عام ١٦٩٠ م تنازل عن كرسيه وعد إلى كبردرج :

ورغم انهماك لوك في الفلسفة ، فقد كان يعمل سكرتيرًا لوزارة التجارة ، وعلى اتصال وثيق برجال السياسة ، وساعه أن يكون رياضي وفيلسوف مرموق مثل نيوتن يعيش على الأجر الصنيل الذي يتتقاضاه أستاذ جامعة وعضو يارز فيها ، وكان العلماء هم أول الناس دخلا ، وقد سبقهم التجار ورجال الأعمال في تكوين الطبقة البرجوازية الصاعدة ، حتى أصبحوا نداء لرجال الحكم ، وتبرع تاجر ثري من هذه الطبقة في إنشاء كلية جريشام التي سميت باسمه تمجيدا له .

وهكذا عين نيوتن بفضل وساطة لوك وأصدقائه ، وكيلًا لمصلحة صك النقود عام ١٦٩٥ م بمرتب سنوي قدره ٥٠٠ جنيهًا ، ثم أصبح رئيساً لها فيما بعد ، فاستقال من عضوية جامعة كبردرج ، وانتخب رئيساً للجمعية الملكية وبقى شاغلاً هذا المركز حتى يوم وفاته في ٢٠ مارس عام ١٧٢٧ م ، ودفن في دير وستمنستر .

وفي أثناء قيامه بأعمال مصلحة صك النقود لم يتowan عن دراسة علم الكيمياء ، ووجدت في مكتبه مؤلفات كثيرة في هذا العلم باللغة اللاتينية ، لأنه كان يأمل الوصول إلى قانون عام يربط جميع العناصر الموجودة في الكون ، على غرار القانون العام للجاذبية الذي تخضع له الكواكب في السماء ، كما تخضع له الأجسام فوق الأرض ، ولكنه فشل في ذلك .

عاش نيوتن حياته كلها عازماً لم يتزوج قط ، لذلك كثيراً ما يواصل العمل حتى ساعات المزيع الأخير من الليل ، غافلاً عن وجبات طعامه ، كما كان يرى كثيراً داخل مطعم الكلية وحذاؤه خارجاً إلى كعبه ، وجواربه

بنظرية المعادلات ، نموذجاً مبتكرأً ، حتى انه طبعها على صورة كتاب عام ١٧٠٧ ، وقد ظهر فيها تقدم ملموس في المادة لا سيما فيما يتعلق بالجذور التخiliية .

وانتشرت المقالات العلمية في مجلة المختارات الفلسفية الإنجليزية ، وجريدة المعرفة الفرنسية ، كلها تشير إلى ارهاصات في امكان الوصول إلى معادلة رياضية ديناميكية لحركة الكواكب ، وكان أكثر الباحثين شهرة في ذلك الوقت هم : هووك وهو بخنز وهالي وسير كريستوفرن ، والأخر كان فلكياً ثم أصبح مهندساً مهارياً من الطراز النادر ، فيبني كاتدرائية سان بول بلندن ، تلك الكاتدرائية الشاهقة ذات النظام القوطي ، استغل كريستوفرن ب الهندسة المعمارية حيناً وجد أن الاستغلال بالعلم لا يشيع من جوع .

لم يقتصر هؤلاء العلماء ببراهين كبر المدرسية في القوانين الفلكية ، وذهب هالي إلى نيوتن في كبردرج عام ١٦٨٤ م ، وطلب منه حل هذه المشكلة التي عجزوا عن حلها ، فأخبره نيوتن أنه سبق له منذ خمسة أعوام أن أثبتت أن مدار النجم تحت تأثير الجاذبية قطع ناقص ، ووعده بارسال مذكراته ومحاضراته في هذا الشأن للجمعية الملكية ، تلك المذكرات التي أصبحت نوأة مؤلفه الكبير البرنسبيا ، وهو الذي نحن بصدده تلخيصه ، والذي نشر مطبوعاً بأجزاءه الثلاثة على نفقة هالي في صيف عام ١٦٨٧ م ، فأحدث دوريًا هائلًا في الأوساط العلمية وغيرها بأوروبا ، رغم أنه كتب بلغة صعبة حتى يبعد عن شرور انتقادات أنصار المثقبين ، وكان انمولير الفيلسوف الفرنسي المعاصر الفضل في الدعاية لهذا المتن الكبير في فرنسا ، حتى إنه ما زان واف عام ١٦٨١ م حتى كانت الطبعات كلها قد نفذت .

وفي عام ١٦٨٧ وقف نيوتن وقفه مشرفة في دفاعه عن امتيازات جامعة كبردرج ، حين كانت مهددة من الملك جيمس الثاني بدخول أنصاره في الوظائف الرئيسية بالجامعة ، وفي عام ١٦٨٩ م اختارتة

## مؤلفات نيوتن

- ١ - البرنسبيا : طبع الجزء الأول في ٢٨ أبريل عام ١٦٨٦ م ، والجزء الثاني في ٢٠ يونيو عام ١٦٨٧ والجزء الثالث في ٦ سبتمبر عام ١٦٨٧ م .
- ٢ - البصريات نشر لأول مرة عام ١٧٠٤ م وكان قد سبق عرضه على الجمعية الملكية البريطانية قبل ذلك بأكثر من عشرين عاماً .
- ٣ - مراسلات الحسن نيوتن مع تلميذه الأستاذ كوتيس وعظاء آخرين نشرت عام ١٨٥٠ م .
- ٤ - مجموعة بحوث ومذكرات نيوتن في الرياضيات العامة ونظرية الفيصل نشرت في لوزان وجنيف بسويسرا عام ١٧٤٤ م .
- ٥ - مجموعة بحوث الحسن نيوتن لم يسبق نشرها ، وجدت بمكتبة بورتسموث بكامبريدج نشرتها جامعة كاليفورنيا عام ١٩٦٢ م . بعد ترجمتها من اللاتينية بمعرفة روبرت هال ، وماري بواسى هول .
- ٦ - بحوث أخرى واكتشافات لاسق نيوتن نشرها تيرنبل عام ١٩٤٥ م .

### البرنسبيا<sup>(١)</sup>

ألف نيوتن هذه الموسوعة الضخمة من ثلاثة أجزاء ، ونشرها في ٨ مايو عام ١٦٨٧ ، وهى مكتوبة باللغة اللاتينية ، ثم نفذت فأعاد صياغتها تلميذه الوفى روجر كوتيس لشرح ما غمض من نظريات أستاده ، والطبعة التى نعتمد عليها هي التى أعاد كتابتها باللغة الإنجليزية فلوريان كاجورى ، ونشرت في جامعة كاليفورنيا عام ١٩٣٤ م .

يسهل نيوتن مقدمة الكتاب شارحاً الغرض الذى من أجله ألفه ، وهو محاولته استخدام الرياضيات إلى

(١) اسم المتن بالكامل : القواعد الأولية الرياضية للفلسفة الطبيعية .

متدليه وغير مشدودة ، وشعر رأسه قد تعبّر ، وكانتان لم يكن نيوتن مرحًا تماماً أو سعيداً ، وكثيراً ما كان يضيق صدره بالمشاحنات والانتقادات التي كان يوجهها إليه زملاؤه :

ولترك نيوتن قليلاً ، وننظر عبر التاريخ فنجد أن كل حادثتين تاريخيين ، يظهر ان الدقة في أحوال واحدة نسبياً ، كل في حضارته الخاصة ، يكون لها بالتالي معنى مناظر تماماً ، وعلى ذلك يمكننا الافتراض بأن فيثاغورس وديكارت متناظران من الوجهة الرياضية ، وكذلك أفلاطون ولا بلاس ، وأرشميدس وجوس :

أما من وجهة نظر الطبيعيات والرياضيات فيمكننا الافتراض بأن ابن الهيثم ونيوتون متناظران .

ولكن نيوتن يختلف عن ابن الهيثم من الناحية الأخلاقية ، فلقد أغفل الأول تماماً في مؤلفه البرنسبيا ذكر كل الذين مهدوا الطريق له أمثال بارو وجاليليو وكبلر وكوبرنيق وهو بخنز وفلامستيد ، والأخر كان رئيساً للمرصد الملكي بإنجلترا ، وهو الذي أمد نيوتن بجميع الأرصاد الفلكية ، وكثيراً ما كان نيوتن يراسله بغلاطة قائلاً « أنا لم أطلب منك تفسيراً رياضياً ، ولكن كل ما أطلبه هو جدول أرصادك ». ولهذا وصفه فلامستيد بأنه مكار ، مخادع ، طموح ، شديد الحسد من الشفاء على الغير ، ولا يتحمل المعارضة .

ومن ناحية أخرى نجد ابن الهيثم لا يغفل فضل العلماء الأغارقة ، بل كثيراً ما يذكرهم بالثناء ، فيقول هذا ما عمله أبولونيوس الفاضل ، أو هذا ما عمله غيري ... الخ ، أو كما ذكر البيهقي عن ابن الهيثم قوله « إذا وجدت كلاماً حسناً لغيرك ، فلا تنسبه إلى نفسك ، واكتف باستفادتك منه ، فإن الولد يلحق بأبيه والكلام بصاحبها ، وإن نسبت الكلام الحسن الذى لغيرك إلى نفسك ، نسب غيرك نقصانه ورذائله إليك » .

تعريف رقم ٢ :

كمية الحركة هي ما تقايس به ، نتيجة السرعة وكمية المادة معاً .

أما التعبير الحديث لهذا التعريف فهو أن كمية الحركة ، التي يطلق عليها عادة اسم « الدفع الميكانيكي » أو حتى مجرد « قوة الدفع » لأى جسم هي حاصل ضرب سرعته في كتلته .

وحركة المجموعة هي مجموع حركة الأجزاء ، ولذلك عندما تضاعف مقدار حجم ما (أى تضاعف كتلته) مع تساوى السرعة في الحالتين ، تتضاعف الحركة (أى قوة الدفع الميكانيكي ) ، أما إذا تضاعفت السرعة كذلك فان كمية الحركة تصير أربعة أمثال قيمتها الأصلية .

تعريف رقم ٣ :

إن الخمول أو قوة المادة على الاحتفاظ بحالتها ، هي القوة التي يستطيع بها أى جسم ، على قدر ما أودع فيه منها ، المثابرة على حالته الراهنة ، سواء أكانت هذه الحالة هي السكون أم التقدم بحركة منتظمة في خط مستقيم ) معتدل .

وتتناسب هذه القوة دائمًا مع (كتلة) الجسم الذي يتضمنها ، وهى لا تختلف فى شىء عندما تكون الكتلة فى حالة خود إلا فى طريقة تصورنا لها ، فبسبب ما جبلت عليه المادة من طبيعة الخمول ، لا يسهل تغير الحالة التي عليها الجسم ، سواء أكانت هذه الحالة هي السكون أم الحركة ، وبذلك يكون الخمول بالمعنى المشهور هو « القصور » أو قوة عدم النشاط .

[ مرة أخرى نقول أن هذا التعريف لم يكن جديداً في تاريخ علم الميكانيكا ، فقد ذكره بحى النحوى العالم الهيلينى بالإسكندرية فى النصف الأول من القرن السادس بعد الميلاد ، حيث ناقض آراء أرسطو فى الحركة ، فقال إن للجسم المتحرك مدافعة يدافع بها

بعد مدى فى ميدان الفلسفة الطبيعية ، وليس فى ميدان الصناعة وهى الميكانيكا التطبيقية التى تشمل الحرف اليدوية حسب قوله ، ويقصد بالفلسفة الطبيعية كل ما يتصل بالجاذبية ، والدفع إلى أعلى ، وقوى المرونة ، ومقاومة الجذب أو التناحر ، وكل هذه القوى تؤثر فى جزيئيات المادة التى تبنى منها الأجسام ، وهى قوى غير معروفة تماماً ، ولكن تفسيره الديناميكى الآلى لشى ظواهر الطبيعة يلقى بعض الضوء على فاعليتها .

وواقع الأمر أن الصفة المميزة للبرنسبيانا التى أدت إلى نتائج مشمرة والتى تدعو إلى الإعجاب حقاً ، هي تلك المقومات الذهنية التى عبر عنها القانون الآلى الفيزيقى بأسلوب رياضى ، وهذا يعني بطريقه ما أو بأخرى ، أن البحث العلمى فى هذا الاتجاه ، يؤدى حتماً إلى قانون العلية الذى تخضع له سلسلة من الظواهر ، وكون هذا القانون قد عبر عنه بنمط رياضى ، فإن هذا يصبح دليلاً على أن القصور الذهنى قد أمكن الالحاد به ، وتشكيله فى قبضة المحسوس ، وأن العلاقات بين هذه التصورات الذهنية علاقة نسبية بسيطة ، بعيدة عن التعقيد .

ولنعد إلى البرنسبيانا نجد ها تحتوى على معطيات وبدويات وتعليقات وتعاريف وقوانين وحواش صب معظمها فى قالب إقليدى ، ولنقتضب بعضًا منها حيث يقول فى التعريف ما يلى :

تعريف رقم ١ :

كمية المادة (الكتلة) هي ما تقايس به ، نتيجة كثافتها وجرتها (حجمها) معاً ، وعلى ذلك يمكن التعبير عنها جرياً فى المعادلة :  $k = \frac{H}{\rho}$  حيث  $k$  الكتلة ،  $H$  الحجم ،  $\rho$  الكثافة .

وكتلة المادة تقايس بوزنها الذى يتناسب معها ، كما سبق أن برره التجاريين بواسطة استخدام « البندول »

سواء أكانت الحركة طبيعية أم قسرية .

(ب) أن الجسم الذى يفارقه سبب حركته يظل مستمراً في الحركة التي استفادها من القاسى ، لو لا مقاومة الوسط من ناحية ، ولو لا سبب حركة طبيعية فيه إلى جهة خاصة من ناحية أخرى . [

تعريف رقم ٥ :

القوة المركزية الجاذبة هي التي تسحب أو تطرد الأجسام في أي اتجاه نحو نقطة مثل المركز .

تعريف رقم ٦ :

المقدار المطلق للقوة الجاذبة هي ما تقايس به ، متناسباً مع فاعلية السبب الذي تبشه القوة من المركز ، نافذة حول الامتداد الخيط بها .

(من أمثلة ذلك الحال المغناطيسي لقطب ، وكمية المغناطيسية لقطب ) .

تعريف رقم ٧ :

مقدار العجلة الناشئة من القوة الجاذبة ، هو ما يقايس به متناسباً مع السرعة التي تحدث في زمن معلوم .

(وهذه هي شدة الحال عند نقطة ما ، فحال الجاذبية هو عجلة الجسم الطليق الساقط ، ويظهر ضمناً من هذا التعريف أن أية نقطة تتكتسب سرعة «تحت تأثير القوة» ، وهذه السرعة تزداد نسبياً مع الزمن ) .

تعريف رقم ٨ :

المقدار الباعث لقوة الجذب هو ما تقايس به ، متناسباً مع الحركة التي يخدمها في زمن معلوم فعلى ذلك إذا كانت العجلة  $\propto$  ، فإن مقدار القوة المسيبة هي  $\propto$  حيث  $\propto$  كتلة الجسم ، ويلاحظ أن مقدار العجلة

ما يعرض سبيل حركته ، واستغل الفكرة فريق من философы французов في القرن الرابع عشر الميلادي ، وسموا هذه الظاهرة بالمدافعة .

أما الفلاسفة الإسلاميون أمثال ابن سينا والرازي ونصير الدين الطوسي وأبن رشد ، فقد أطلقوا عليها «الميل القسرى أو المعاوق» فيقول ابن سينا في طبيعتيات الشفاعة .

«إن الأجسام الموجودة ذات الميل كالثقيلة والخفيفة ، أما الثقيلة فما يميل إلى أسفل ، وأما الخفيفة فما يميل إلى فوق ، فانها كلما ازدادت ميلاً كان قبولاً للتحريل القسرى أبطأ ، فان نقل الحجر العظيم الشديد الثقل ، أو جره ليس كنقل الحجر الصغير القليل الثقل أو جره ، ورج الهواء القليل في الماء ليس كرج الهواء الكبير » . [

تعريف رقم ٤ :

القوة المؤثرة هي فعل يقع على الجسم ، ليغير من حالته سواء أكانت هذه الحالة هي السكون أم الحركة المنتظمة في خط معتمد (مستقيم) .

ونقتصر هذه القوة على مجرد الفعل فحسب ، إذ ينتهي تضمن الجسم لها بمجرد انتهاء ذلك الفعل ، فأى جسم إنما يحتفظ بكل حالة (يعنى حركة) جديدة يكتسبها ، وذلك نتيجة قصوره الذاتي فقط ، ولكن القوى المؤثرة تختلف في مصدرها عن ذلك ، فتها ما ينشأ عن صدمة ، ومنها ما ينجم عن ضغط ، كما أن منها القوة المركزية الثابتة .

[ مرة أخرى نقول إن الفلاسفة الإسلاميين منهم أبو البركات هبة الله في القرنين العاشر والحادي عشر الميلادي قد أدركوا التعريفين السابقيين ادراكاً لا وجه للتشكك فيه كالتالي :

(١) أن الجسم الذى يلزمـه سبب حركته تزداد حركته على التواصل ، لو لا مقاومة الوسط

## القانون الثاني :

يتناسب التغير في الحركة أى في (الدفع الميكانيكي) مع القوة المحركة المؤثرة ، ويتم في اتجاه الخط المستقيم الذي تؤثر فيه تلك القوة .

فإذا ما نجمت حركة عن قوة ما ، فإن ضعف هذه القوة مرتين ينجم عنه ضعف تلك الحركة ، كما أن ضعف القوة ثلاثة مرات يعطى ضعف الحركة ثلاثة مرات كذلك ، سواء وقع تأثير القوة كلها فجأة أو على التدريج ، أو حتى على التتابع ، وإذا ما كان الجسم يتحرك من قبل ، فإن تلك الحركة الناجمة عن القوة (نظرًا لأنها تأخذ دائمًا نفس اتجاه القوة التي تولدها ) ، تصاف أو تطرح من الحركة الأولى ، وذلك على الترتيب إذا كانت في اتجاه واحد أو في إتجاهين متضادين ، وتحدث الإضافة عبلي عندما ينحرف اتجاه إحداهما بالنسبة إلى اتجاه الأخرى بحيث تنتهي حركة جديدة ترکب من تحديد الحركتين .

وتنتج القوة هنا عن الدفع أو التصادم مثلاً ، ويمكن التعبير عنها جبرياً كحاصل ضرب الكتلة في السرعة أى :

$$Q = \Delta k \times u$$

وقد عبر عنها نيوتن باعتبارها مرادفة للتغير الذي يحدث ، وليس معدل التغير كما في القانون :

$$Q = \frac{\Delta k}{\Delta t} \times u$$

وعلى أساس هذا القانون نستطيع أن نقترح وحدة القوة ، ونعرفها بأنها القوة التي عندما تؤثر في جسم كتلته « جرام » واحد تكسبه عجلة قدرها سنتيمتر واحد في الثانية لكل ثانية ، وتسمى وحدة القوة هذه باسم « دين » ، وقيمتها صغيرة جدًا ، إذ تبلغ نحو قدر القوة التي تسحب بها الجملة حملها .

مرادف للقوة ، ولو أنه يشير إليها في القوة الجاذبة ، وعلى ذلك يمكن تحقيقها لأى قوة أخرى .

هذا ويتبع تلك التعريف عدة شروح وتعليقات ، أدخل فيها نيوتن مفاهيم المطلق والنسيبي للزمن والمكان والامتداد والحركة .

وبعد أن فرغ نيوتن من تعريف فكرة الكتلة ، والدفع ، والقصور الذاتي ، والقوة ، انتقل إلى صياغة القوانين الأساسية للحركة هكذا .

## القانون الأول :

كل جسم في حالة السكون يبقى ساكناً ، وكل جسم في حالة الحركة بسرعة منتظمة ، وفي خط مستدل (مستقيم) يبقى كذلك ، ما لم يرغبه على تغيير حالته هذه بفعل قوى تؤثر عليه .

فتلا تستمر القذائف في حركتها ما دامت لا تعوقها مقاومة الهواء ، ولا تسوقها إلى أسفل قوى الجاذبية ، والنحلة (لعبة الأطفال) عندما تستمر أجزاؤها ، بسبب تماسكها ، تنساب على جانب من جوانب الحركة في خط مستقيم لا تبطل دورانها إلا تحت تأثير عامل الإبطاء بالهواء ، أما أجسام الكواكب واللمنيات التي هي أكبر حجمًا ، والتي تصادفها مقاومة أصغر في الفضاء الحر الطليق ، فإنها تحفظ بحركات سببها ، ودورانها خلال أزمنة أطول بكثير .

(هذا القانون هو تخريج دقيق وحاسم لما كان يدور من مجادلات عند العلماء الإسلاميين الفلاسفة عن الحركة ، وهي متداخلة ومتباينة نوعاً ، ومن أمثلة ذلك قول أبي البركات هبة الله العالم العراقي (١٠٨٧ - ١١٦٥ م) في الجزء الثاني من كتاب المعتبر في الطبيعيات ما يلى :

«إذ لا مقاومة في الخلاء فالمoving فيه لا تلقى قوته ما يبطلها ، وهي لا تبطل بنفسها ، لأن الشيء لا يبطل ذاته ، وإذ لا مقاومة في الخلاء فالمoving فيه يتحرك أبدًا» .

القانون الثالث :

لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ، ومضاد له في الاتجاه ، أو بعبارة أخرى ، يتساوى دائمًا ويتضاد في الاتجاه الفعلان المتبادلان بين جسمين عندما يؤثر أحدهما في الآخر .

الصاروخ عندما ينفد وقوده على النسبة الوزنية بين الصاروخ والوقود ) .

وبعد أن ينتهي نيون من سرد قوانين الحركة ، يتبعها بعدها فتتصبب منها ما يأتي :

الملحق الأول :

إذا أثرت في جسم قوتان معاً ، فإن مساره يقع على قطر متوازي الأضلاع ، في الوقت الذي كأنما يرسم فيه ضلعاً متوازي الأضلاع بوساطة القوتين ، كل على حدة .

( في الواقع أن هذه النتيجة سبق لها يحيى استنباطها ، وسمعت بها الجمعية الملكية البريطانية ) .

الملحق الثاني :

يختصر بتركيب وتحليل القوى في المواقف الاستاتيكية .

الملحق الثالث :

ينص على أن قوة الدفع الكلية لمجموعة من الأجسام لا تتغير بتأثير أحددهما على الآخر ، فكل السرع مفروض فيها أنها تتجه في خطوط متوازية ، مع الأخذ في الاعتبار الاتجاهات الموجبة والاتجاهات السالبة بالنسبة لمسارتها ، وإذا لم تكن هذه السرع تتجه في خطوط متوازية ، فإنها تحمل في إتجاهين متعامدين .

( مرة أخرى نجد بصمات ابن الهيثم ، حيث كان أول من قام بتحليل السرع في اتجاهين عموديين أي « قططين متعامدين » في كتابه الناظر ) .

الملحق الرابع :

ينص على أن مركز ثقل مجموعة من الأجسام غير المعروضة لأى نوع من القوى الخارجية ، سوى القوى المتبادلة بينها ، يكون في حالة سكون أو في حركة مستقيمة .

فعدنما يسحب جسم جسما آخر أو يضغط عليه نجده يعاني ( من هذا الجسم الأخير ) قدرًا مماثلاً من الشد أو الضغط ، فثلا عندما تضغط بأصبعك على قطعة من حجر تجد أن أصبعك تعاني كذلك ضغطاً من هذا الحجر ، وعندما يسحب حصان ما حجرًا مربوطاً في جبل فإنه يقع تحت تأثير مماثل تجاه الحجر ، وذلك لأن الجبل المشدود يتراوح تارة ويستقيم أخرى ، بحيث يجعل الشد تجاه الحصان هو عينه الشد تجاه الحجر ، وبذلك يحول دون تزايد أحدهما دون الآخر .  
( مرة أخرى نقول إن هذا القانون سبق لأبي البركات هبة الله البرهان عليه في الفصل الرابع والعشرين من كتاب المعتبر في الطبيعيات حيث يقول : « النظر فيما قيل من أن بين كل حركتين متضادتين سكونا » ويوئيد كلامه بالحلقة المشدودة بين مصارعين بقوة ، ولكنها في حالة سكون ، مما يدل على تعادل القوتين ، ويقول :

« لكل واحد من المتجاددين في جذبه قوة مقاومة لقوة الآخر ، وليس إذا غلب أحدهما فجذبها نحوه تكون قد خلت منه قوة جذب الآخر » .

( ومن جهة أخرى ، فإننا في الوقت الحاضر ، نستخدم مبدأ التراجع ، أي رد الفعل في بناء شتي الصواريخ ، فعدنما تنشق الغازات الناتجة عن احتراق جميع الوقود مندفعه من فتحة ضيقة إلى الخلف بسرعة فائقة ، ينجم عن ذلك أن يندفع جسم الصاروخ إلى الأمام ، وتتوقف السرعة النهائية التي يحصل عليها

## الملحق الخامس :

ينص على قانون بقاء الطاقة ، الذي سبق لجاليليو ودورشيللي البرهنة عليه .

## الملحق السادس :

ينص على أن الحركة المتبادلة لمجموعة من الأجسام لا تغير إذا اكتسبت كل المجموعة عجلات متساوية ومتوازية .

ثم ينتقل نيوتن في كتابه الأول خلال التعليقات عن المادة التي تمتاز بخاصية القصور ، إلى ميكانيكا مسارات الكواكب ، فيثبت أن الجسم الذي يتحرك في منحنى مخروطي ، مثل الدائرة أو القطع الناقص ، أو القطع المكافئ ، أو القطع الزائد حول نقطة ثابتة تقع في البؤرة ، إنما يخضع لقانون التربع العكسي لقوة الجذب مع الافتراض بأن الجسم يتربّك من جسيمات عديدة ، والحجم الذي يشغله يمكن اهتمامه .

وفي منتصف هذا الكتاب في نهاية القسم الثالث ، يعتبر نيوتن المسارات وكأنها عبارة عن أشكال هندسية تجريدية ، وفي نهاية القسم الثامن من الكتاب يقول : « انتهينا الآن من دراسة الأجسام المتحركة في مسارات ثابتة ، ويبقى علينا الآن تخصص الدراسة لحركة فمسارات تدور حول مراكز القوة » .

وفي الفصل الخامس عشر يثبت نيوتن قانون المساحات ، الذي سبق لکبلر الوصول إليه حسابياً ، وهو أن الخط الوهمي الذي يخرج من مركز القوة في البؤرة ، وتمر بالكوكب يقطع مساحات متساوية في أزمنة متساوية ، وأن قوة الجذب في حالة القطع الناقص بين الكوكب وبين مركز القوة تتناسب عكسياً مع مربع المسافة ، وهذا هو أساس قانون الجذب العام الذي ينص على الآتي :

« تتجاذب كل الأجسام المادية بقوة تتناسب تناضباً طردياً مع كتلتها ، وعكسياً مع مربع المسافة بينها » .

وعندما استخدم نيوتن هذا القانون ، استطاع أن يعطي أول تفسير لظاهرة « ترنج الاعتدالين » التي عرفها البشر منذ عهد بلوتارخ ، فقد برهن على أنه لما كان محور دوران الأرض يميل على مستوى فلكها (الدائرة الكسوفية) ، فإنه يلزم أن تسبب قوى جاذبية الشمس التي تؤثر في الانتفاخات الاستوائية للكرة الأرضية ، حركة الدوران البطيئة التي يعملها محور الأرض حول الخط العمودي على (الدائرة الكسوفية) ، والتي تبلغ فترتها نحو ٢٦٠٠ سنة .

ولقد قوبل هذا التفسير بمعارضة قوية من معاصريه من الفلكيين ، إذ على أساس قياسات خاطئة كان الرأى السائد في ذلك الوقت أن شكل الأرض كالشامة ، حيث يقل عرضها عند خط الاستواء ، وليس كالبطيخة التي يزيد فيها بعد عند خط الاستواء بمعنى أنها مفلطحة عند القطبين (قياسات كاسيني وولده ، ١٦٥٢ - ١٧١٢) .

ولقد حققت قياسات العالم الرياضي دى موبير تويس المعاصر لنيوتن ، في رحلته إلى لابلاند صحة وجهات نظر نيوتن ، الذي فسر على نفس المنوال ظاهرة المد والجزر في المحيطات ، فعزّاها إلى عدم التساوي في قيم قوى الجاذبية التي تؤثر بها الشمس على نصف الكرة الأرضية ، الذي يواجهها ، ونصف الكرة الذي في الناحية الأخرى .

ويختص الكتاب الثاني من « البرنسبيبا » بحركة الأجسام في وسط مقاوم ، وليس به أية إشارة إلى علم الفلك ، وأهم هذه الحركة هي التي ترتبط باعتماد المقاومة على السرعة ، ثم مسائل الهيدروستاتيكا ، والميدروميكانيكا ، والحركة التذبذبية والمتراوحة ، والحركة الدائرية للمواقع ، وحركة القذفيات .

كل هذه الدراسات قد بحثت رياضياً وميكانيكيأً ، بطريقة تدل على العبرية المفرطة في الذكاء ، في نمط

لشتى أنواع الأجسام في الكون تعتبر ثابتة ، ومعنى ذلك أن مجموع قوى الدفع في الكون ثابتة .

و قبل أن ننهى كلامنا عن البرنسبيا ، يحق لنا أن نقول إن هذا المجهود الضخم يعتبر حدثاً في تاريخ العلم من الطراز النادر ، انفرد به عقلية نيوتن النابهة ، ورغم ذلك فقد فشلت البرنسبيا عند نشرها لأول مرة في اقناع كثير من العلماء الذين عاصروها ، فثلا اعتبر هو يحيى فكرة الجاذبية العامة التي جعلها نيوتن محوراً لبحثه ، تخريجياً عامضاً ، نابعاً عن شعور فيضي ، والذهن البشري لا يستطيع إدراك مثل هذا الفرض ، وان نظرية الدريرات التي سبق لديكارت أن أعلنتها أسهل ادراكاً للعقل ، ومن الأسف أن بند كثيراً من العلماء في عصر نيوتن قد تأثروا بنقد هو يحيى ، مما عاق سرعة انتشار المفاهيم النيوتونية بعض الوقت .

### معركة مع هوك

كان روبرت هوك من العلماء التجاريين المشغلين بالفزيقاً في جامعة كمبردج ، وهو مؤسس نظرية المرونة ، وقد هاجم نيوتن ، واتهمه بسرقة آرائه التي أودعها كتابه « محاولة لإثبات الحركة السنوية للأرض من الأرصاد » وقد سبق له نشر هذا الكتاب عام ١٦٧٤ م أي قبل نشر البرنسبيا ، واعتمد على نصوص واردة في كتابه هذا ، منها على سبيل المثال ما يلى :

١ - كل الأجسام الأرضية كائنة ما كانت ، لها خاصية الجذب أو قوة الجاذبية نحو مراكزها ، فهي لا تجذب مكوناتها فقط لكنها تمنعها من الانفصال بعيداً شأنها شأن الأرض ، ولكنها تجذب أيضاً كل الأجسام الأرضية المجاورة لنشاطها .

٢ - كل الأجسام كائنة ما كانت حينما ترغم على التحرك بحركة بسيطة ، فإنها تستمر في حركتها في خطوط مستقيمة حتى تصادف قوى مؤثرة أخرى ، فتشترط

جديد انفرد به نيوتن يعتمد على طرق التحاليل والأنسياط والنهايات .

أما الكتاب الثالث من البرنسبيا فعنوانه « النسق الكوني في تدبير رياضي » .

وهو يشكل أهم إنجازات نيوتن من جهة تطبيق الميكانيكا على الكون ، باعتباره خاصاً لنظرية الجاذبية وفيه دراسة عن حركة الكواكب حول الشمس ، وحركة التوابع حول الكواكب وهي مركز الجاذبية ، وظاهرة الحركة في الأرض من جهة سقوط الأجسام والقذائف ، وهو يقول :

« كل الأجسام مهما كان نوعها مجهزة بظاهرة التجاذب المتبادل » .

« كل جسمين ينجلبان مع بعضهما بنسبة كثتيهما طردياً ، ومربع المسافة بينهما عكسيأً » .

فالقمر تبعاً لكمية المادة به بمقدار الأرض ، ومن جهة أخرى تجذب البحار فوق الأرض القمر ، والكواكب تتبادل الجاذبية فيما بينها ، والمذنبات مع الشمس . وتعادل جاذبية القمر والأرض مع القوة المركزية النابهة ، وتطبق هذه القاعدة على جميع الأجسام التي تتحرك في مدارات دائيرية ، وإذا كان هناك مائع يقاوم حركة الكواكب فلا بد وأنه يكون ضعيفاً جداً في مقاومته ، ويتوسع نيوتن في ذلك لكي يهدم نظرية الدريرات التي كان ينادي بها ديكارت ، تلك الدريرات التي تملأ الفضاء الكوني بين الكواكب والنجوم ، نظراً لما كان بين فرنسا وإنجلترا من تنافس شديد في جميع الحالات .

ويمتاز هذا الكتاب بالشمول في جميع الظواهر الكونية في أسلوب يسهل قراءته ، دون الاعتماد كثيراً على القوانين الرياضية ، ويختم أبواب الكتاب قائلاً :

« هذا النسق الكوني البديع للشمس والكواكب والمذنبات ، يتحرك طبقاً لمشورة ، وتحت سيطرة إله نابه قوى » وان مجموع حاصل ضرب الكثافة في السرعة

## معركة مع ليينتر

ليينتر فيلسوف ألماني لا يقل عبقريّة عن نيوتن ، وكان كثُر الترحال بين ألمانيا وفرنسا وإنجلترا ، مختلطًا بالملوك والأمراء وأصحاب الجاه ، وهو صاحب نظرية الذرات الروحية أو المونا دولوجي ، وفضلاً عن اشتغاله بالفلسفة كان يشغل أيضًا بالعلوم الرياضية ، وأصبح صديقاً لنيوتن أثناء زيارته لإنجلترا ، وكثُرت المراسلات بينه وبين نيوتن عن طريقته الجديدة في الحركة والأنسياب ، وفي الفروق المتناهية في الصغر مثل د ص ، د س في الأحداثيات المتتالية لنقطة على منحنى .

ولقد ذكر نيوتن في الطبعة الأولى للبرنسبيبيا المكابيات التي دارت بينهما ، كما ذكر أنه أخفى عنه طريقته للحركة كلغز حرف ، في الوقت الذي أوضح ليينتر طريقته لنيوتن صراحة ، وتحتَّلَّ الطريقة في التعبير والرموز المستخدمة ، ولكن حدث في عام ١٦٩٩ م أن نشر رياضي سويسري مغمور ، كان يعيش في إنجلترا حاقداً على ليينتر ، أن الأخير استمد فكرته من طريقة نيوتن ، فثار ليينتر واحتج أمام الجمعية الملكية ، وكتب نقداً قاسياً عام ١٧٠٥ م عن الموضوع الأول لحركة .

ومن جهة أخرى أصر جون كيل أستاذ الفلك بآكسفورد على أن ليينتر هو الذي سرق طريقة نيوتن ، فرفع ليينتر أمره إلى الجمعية الملكية التي كان نيوتن رئيساً لها منذ عام ١٧٠٣ م ، ولم يتم تحرك نيوتن نافياً هذا الاتهام ، وعینت لجنة لكتابه تقرير عن الموضوع كله ، وانتهت اللجنة من تقريرها عام ١٧١٢ م ، مؤكدة أحقيّة نيوتن في أسبقية الكشف لحساب التفاضل والتكمال قبل ليينتر بخمسة عشر عاماً .

يقول بروستر في كتابه «حياة نيوتن» أن معظم مسودة التقرير كتبت بخط رئيس الجمعية أى بخط

أو تتحنى حركتها لكي تصبح مساراً لها دائرياً أو قطعاً نافضاً أو منحنى آخر مركباً .

٣ - قوى الجاذبية هذه تزداد فاعليتها كلما قرب الجسم من مركزها .

ويتضح الآن من هذه المفاهيم التي أودعها هو ككتابه المشار إليه ، أنها أقرب إلى الروح الميتافيزيقية ، وإن كانت ملامحها شديدة الشبه والتطابق مع آراء نيوتن ، ولكنه لم يسعفها ببراهين رياضية مستحدثة كما فعل نيوتن في البرنسبيبيا ، ولم يذكر هو كصراحة مقدار هذه الجاذبية من جهة الحجم ، بل اكتفى بذكرها من جهة الكيف .

وواقع الأمر أن هذه المفاهيم كان يحس بها العصر كله ، والمشغلون بالعلم في إنجلترا منذ عام ١٦٧٠ م كانوا على علم بقانون كبلر الثالث وقانون هوينز في الحركات التذبذبية .

$$\text{فـ} \frac{3}{2} \text{ قـ} \frac{4}{2} \text{ طـ} \frac{2}{2}$$

حيث ث مقدار ثابت

$$\text{قـ} = \frac{4}{2} \text{ طـ} \frac{2}{2}$$

وبحذف ث من المعادلين نجد أن :

$$\text{قـ} = \frac{\text{ثـ} \times 4}{2} \text{ طـ} \frac{2}{2}$$

أى أن قوة الجاذبية قـ تتناسب عكسياً مع مربع المسافة فـ .

بيد أن هذا الاستنباط يصبح صحيحاً في الحركة الدائيرية فقط ، ولكن نيوتن عمِّها جميعاً على جميع أنواع الحركة ، ولا سيما في القطع الناقص .

والحق يقال أن كثيرين من الذين يشتغلون بتاريخ العلم ، ينسبون لهوك فضلاً في تمهيد الطريق ، والمساهمة غير المباشرة في البرنسبيبيا .

ويضيف ماخ إلى ذلك أن العجلة المتجهة إلى المركز ، وهى المذكورة في التعريف الخامس كقوة مركزية جاذبة ، ميزها نيوتن في التعريف رقم ٦ ، رقم ٧ ، رقم ٨ على أنها مطلقة ، ومعجلة ، ومحركة .

ومن جهة أخرى فان القانون الأول والثانى لاحركة واضح من تعريف القوة التى ذكرت سابقاً ، وفيها يستبط باستحاله العجلة إذا لم توجد قوة ، ومن ثم يحدث السكون أو تحدث الحركة فى خط مستقيم ، ثم يضيف قائلا انه طالما نسب للعجلة مقاييسأ للقوة ، فليس من المناسب إذن أن يقول نيوتن ثانياً أن التغير فى الحركة يتناسب مع القوة .

ثم يستطرد ماخ بعد ذلك فى إعادة صياغة تعريف وقوانين نيوتن كما يجب أن تكون على أساس تجريبية ، ولكنه يوفيه حقه فى هذا المجهود الضخم ، وفي هذه الابتكارات الفذة التى أضافها إلى العرفان المترافق .

### اشبنجلر ينقد العلم النيوتونى

ثبتت نيوتن الزمان لكي يقيسه اعتباراً من لحظة ما ، لهذا انتقد اشبنجلر الفيلسوف الألماني ( ١٨٨٠ - ١٩٣٦ ) فيزيقاً نيوتن على أنها تصور لم ينفذ إلى جوهر الزمان ، وإنما تعلق بشببه ، فسلبه حيويته واتجاهه ، وصفة المصير فيه ، ثم إن ميكانيكا نيوتن تسمح لنا ، إذا ما عرفنا وضع وسرعة جسم في لحظة معينة ، أن نعرف ابتداء وبالدقة كل الحركة التي سيتحركها الجسم بعد ذلك ، وعلى ذلك فإذا استطعنا أن نعرف بالدقة أوضاع وسرعة كل الجسيمات التي يتكون منها العالم المادى ، استطعنا أن نعرف تماماً كل ما سيحدث لهذا العالم في المستقبل ، وكان كل شيء كان رتبياً من قبل ، مع العلم بأن الزمان تغير مطلق ، لأنه تتبع مستمر ، وهذا التغير ليس معناه أن شيئاً أو أشياء تغير ، بل معناه أن الزمان هو هو تغير ، لأن التغير لا يحتاج إلى

اسحق نيوتن . واشتلت المعركة بعد ذلك ، واستمرت طويلاً حتى بعد وفاة ليبنتز عام ١٧١٦ م ووفاة نيوتن عام ١٧٢٧ م ، وأصبحت موضوع كبراء كل من إنجلترا وألمانيا .

وواقع الأمر أن كلاً منهما كان يعمل منفرداً في وقت واحد ، في مادة سبق أن جمعها كيلر وكافاليرى وفرما ، وبسكال ، وواليس ، وبارو ، فليس غريباً إذن أن يصلا إلى نفس النتائج .

### دكتور أرنست ماخ ينقد نيوتن

نشر ماخ عام ١٨٨٣ م في براغ مؤلفاً في علم الميكانيكا ، مختصاً فيه حوالي خمسين صفحة ينقد فيها إنجازات نيوتن ، نقتضبها فيما يلى :

#### التعريف الأول :

إن فكرة الكتلة غير واضحة ، فنيوتون يعرفها بأنها حاصل ضرب الحجم في الكثافة ، علمًا بأن الكثافة نفسها تعرف بأنها كتلة وحدة الحجوم ، فهو بهذا عرف نيوتن مجھولاً مجھولاً ، وكان يجب استنباط الكتلة من العلاقات الديناميكية بين الأجسام .

#### التعريف الثاني :

لاغبار عليه لأنه يتضمن معياراً قياسياً لتقدير كمية الحركة .

#### التعريف الثالث :

عن القصور أصبح غير ذى موضوع أمام التعريف التي تليه من ٤ - ٨ عن القوة ، وفكرة القصور ذاتها يمكن استنباطها من واقع القوة التي هي دالة للعجلة .

#### التعريف الرابع :

عن القوة باعتبارها مسببة للعجلة ناقص غير مكتمل نظرًاً لوجود حالات أخرى كثيرة مثل الضغط والتمدد ، والتجاذب والتنافر لم تدخل العجلة في معيارها .

نيوتون على حركات الجسيمات بعض النتائج الطيبة المشجعة ، تبين في نهاية الأمر أن هذا التطبيق يكاد يكون من المستحيل ، فقد كشف الفيزيقيون في الثلاثينيات الأخيرة ، وعلى رأسهم بلانك العالم الألماني المشهور ، ولويس دى بروى العالم الفرنسي الكبير ، عن وجود طائفة من الظواهر الجديدة من المستحيل تفسيرها بواسطة العلم النيوتوني ، وهذه الظواهر هى الظواهر المعروفة باسم الظواهر الكمية ، ومرجع ذلك إلى سببين رئيسيين : الأول أنه لكي تفسر خواص المادة ، لا يكفى أن نعتبرها مكونة من ذرات فحسب ، بل لا بد من أن يضاف إلى هذه الذرات أمواج ، أى أن يجمع بين فكرة الموجة ، وفكرة الجسيم ، أو بين فكرة المادة والطاقة والاشعاع ، والثانى أنه لكي تصاغ قوانين الظواهر الكمية لا بد من ادخال ثابت ثابتى جيد ، لم يكن معروفاً في العلم النيوتوني ، وهو ثابت بلانك  $\hbar$  ، مما جعل بعضهم يقول في صورة شعرية إن في حائط الجبرية العلمية في الفيزيقا الحديثة ، ثغرة يقاس عرضها بثابت بلانك .

وكانت نتيجة هذا كله أن قامت ميكانيكا جديدة هي الميكانيكا الموجية ، نسبة إلى اعتبار الموجة مضافة إلى الذرة ، مكان الميكانيكا القديمة التي ابتدعها نيوتن ، والتي انكمشت داخل قوتها ، وأصبح مكانها اليوم في متاحف العلوم .

شيء يكون موضوع التغير ، والحركة لا تقتضى وجود متحرك ، لأن الحركة هي ذاتها تحرك .

والمكان ثبات أما الزمان فديومة ، لذلك يصبح مستحيلاً جعل الزمان والمكان كمتين من نوع واحد ، كما يظهر بوضوح من تحليل الكمية المتوجه ذات أربعة الأبعاد المعبّر عنها بالرموز  $s$  ،  $u$  ،  $x$  ،  $t$  فـان هذه الأبعاد الأربع تظهر في التحويلات أنها متساوية تماماً ، ومعنى تساويها أن الزمان والمكان متساويان في النوع تمام المساواة ، لأن  $s$  ،  $u$  ،  $x$  وهى أبعاد المكان ، تتحوال إلى  $t$  رمز الزمان ، فـكأن العلم النيوتوني لم يفعل أكثر من أنه وضع إلى جانب المكان العادى نوعاً ثانياً من المكان سماه باسم الزمان .

كذلك لا سبيل مطلقاً إلى وجود التشابه بين الزمان وبين العدد ، بين الديومة وبين أي نوع من فروع العلم النيوتوني ، ولهذا فشلت المحاولة العميقـة الرائعة التي حاول بها نيوتن أن يحل مشكلة الزمان بواسطة حساب التفاضل والتكمـل ، لأن المشكلة الميتافيزيقية للحركة قد لعبت فيها دوراً كبيراً ، إلا أنها فشلت ، لأن فايـرشرـاسـه قد أثبتـت وجود دـالـات ثـابـتـة ، لا يمكن تفاضلـها مـطلـقاً ، أو على الأقل لا تـفـاضـلـ إلا تـفـاضـلـ جـزـئـياً .

ثم جاء العلم الحديث ، والنظرية النسبية فـتـغـيـرتـ المـفـاهـيمـ تـغـيـراًـ كـلـياًـ ، فـبـعـدـ أنـ أـنـتـجـ تـطـبـيقـ قـوـانـينـ مـيـكـانـيـكاـ

