الفصل

1

الرياضي الشاب

انتظر الشاب بفارغ الصبر، فقد كانوا يقررون مصيره لنهاية حياته. وكان يشعر بالتوتر بينما كان أبوه في جدل خلف الأبواب الموصدة مع عالم الرياضيات الخاص بالدوق. كان لا بدّ من السماح له بدراسة الرياضيات.

بدأت الكارثة ربيع عام 1584. كان غاليليو غاليلي البالغ العشرين من العمر يدرس في جامعة بيزا University of Pisa حيث كان يدرس الفلسفة والطب ليصبح طبيبا. فهذا ما كان ينبغي عليه أن يدرس على الأقل. لكن أباه فيشينزيو غاليلي Vicenzio Galilei علم أن ابنه كان مهملا في دراسته، وكان مهتما ومركزا طاقاته على الرياضيات. وأعاره أوستيلليو ريتشي Ostillio Ricci، وهو عالم الرياضيات الخاص بالدوق، كتباً رياضية ليوكليد Euclid

وأرخميدس Archimedes (جهابذة إغريقيين منذ قرنين). وجد الشاب أعمالهم أكثر إثارة من باقي أعمال الإغريق السطحية: أريستوتل في الفلسفة وغالن Galen في الطب.

لقد قام فيشينزيو برحلة الستين ميلا من فلورنس Florence وذلك لإرضاء ابنه، فارتاح غاليليو لما تطوع ريتشي للتدخل مع والده الغَضِب. لقد كان فيشينزيو متأكدا من اعتماد ثروة العائلة على دخل غاليليو من ممارسته للطب، بينما كان دخل الرياضيين أقل من ذلك بكثير.

أقنع ريتشي فيشينزيو أخيرا أن لدى غاليليو موهبة رياضية حقيقية، وحيث أن الطب لا يستهويه لذا فمن المحتم ألاّ ينجح كطبيب. فاستدعيا غاليليو، ووافق فيشينزيو على مضض على إعالة ابنه وإعانته لسنة أخرى، ليصبح مسؤولا عن نفسه بعد ذاك. فرح غاليليو إذ لم يعد عليه التظاهر بدراسة الطب بدلا من الرياضيات. وسرعان ما سيساهم في المعارف الرياضية. فقد كان وقتها مؤمنا أن باستطاعته التحسين في نظرية إغريقي القرن الثالث قبل الميلاد المرموق أرخميدس Archimedes الخاصة بالروافع. فقد كان يريد أن يري أباه أنه ربما يتسنى لرياضي جيد أن يشتهر كأي طبيب محلي، أو ربما يصبح أكثر شهرة!

شهد القرن الذي ولد فيه غاليليو عدة تطورات في أوروبة. بدأ الأوربيون في القرن السادس عشر بالامتداد غربا نحو الأمريكيتان بواسطة كولومبس Colombus،

وشرقا نحو كنوز آسيا بوسطة فاسكو دي غاما Vasco da Gama. فسلبوا مستخدمين مدافعهم وسفنهم شاهقة العلو كنوز بلاد الهند. وفي عام 1522، رجعت سفن فيرديناند ماجلان Ferdinand Magellan من أول رحلة حول العالم.

أثرى هذا التوسع في التجارة ملوك الغرب الأوروبي وزاد من قواهم. ولكن طمعهم لمزيد من السيطرة جعلهم يقلصون من سلطات البابا والكنيسة الكاثوليكية. أصبح من حق ملوك أسبانيا وفرنسا تعيين قساوستهم بأنفسهم. ولما رفضت الكنيسة طلب الملك الإنجليزي هنري الثامن Henry VIII في الطلاق، تذرع الملك بهذه الحادثة لمصادرة دور العبادة وتحرير الكنيسة الإنجليزية من سيطرة البابا في روما.

كان وسط أوروبة في ذلك الزمان عبارة عن اتحاد متفكك من الولايات الجرمانية تحت إمرة الإمبراطورية الرومانية في براغ Prague. وكان الإمبراطور ينتمي لنفس المَلَكية التي كان ملك أسبانيا ينتمي إليها.

تبنّى أمراء الولايات الألمانية الشمالية أفكار مارتن لوثر البروتستنتية التجددية Martin Luthers Protestant Reformation لزيادة سيطرتهم المحلية. كانت نية لوثر في بادئ الأمر أن يحد من التعدّي الديني المنبعث من سلطة البابا، ولكنه وجد بعدها أن علاقة البشر مع ربهم يجب أن تكون علاقة مباشرة من غير تدخل الرهبان. فانفصل لوثر في العقد الثالث من القرن السادس عشر عن الكنيسة

الرومانية الكاثوليكية وأنشأ أخرى مستقلة له. فقد كان يؤمن أن لب الدين يكمن في الإنجيل وليس من خلال الكنيسة أو رهبانها. وشجع لوثر كذلك القوميات بترجمته كتاب العهد الجديد إلى الألمانية. وكردة فعل على ذلك، أجرت الكنيسة الكاثوليكية تحسينات بداخلها. أكدت مجموعة ترينت The Council of Trent (1545-63) أسسها الأصلية وأجرت إصلاحات في العديد من أخطاء الحكومة الكنسية.

أحدثت الكنيسة الكاثوليكية عام 1540 مجتمعا دينيا جديدا وسمته مجتمع اليسوع Society of Jesus. تزايدت أعداد اليسوعيين ذوي العباءات السوداء حتى أصبح لديهم أكثر من مئة كلية جديدة في أوروبة مع نهاية القرن السابع عشر. قاموا في هذه الكليات بتدريس الرؤى الجديدة في الجغرافية والتاريخ بدلا من الكلاسيكيات اللاتينية التقليدية، مع احتفاظهم بمبادئ ومعتقدات الكاثوليكية. ومع الوقت، تحسنت نظرة بعض البروتستنتيون حول الفكر اليسوعي فبدأوا بإرسال أولادهم إلى المدارس اليسوعية.

كان التعليم آنذاك منحصرا نسبيا في المناطق الآهلة. تلقى حوالي 40٪ من بنات وأولاد بعض المدن الإيطالية تعليما ابتدائيا. علما أنه ولغاية القرن التاسع عشر، لم تتعدى نسبة سكان أوروبة في المدن لأكثر من 15٪.

ساهمت الطباعة الآلية في ترويج التعليم والقوميات،

وصار أحدنا يرى تلك المطابع في أكثر من مئتي مدينة أوروبية فيما بين عام 1450 و 1500. وتضاعفت صنعة الطباعة أضعافا كثيرة في المئة سنة التالية، إذ كانت تكلفة الكتاب المطبوع لا تتجاوز خمس ذلك المخطوط. لقد كان أثر الطباعة على المجتمعات حينئذ كبيرا مثل أثر الكمبيوترات علينا في أيامنا هذه.

سرعان ما نفذت مصادر المطابع من كتب الأدب التقليدي والاتجاهات الدينية والكلاسيكيات اللاتينية، وطالبوا بمزيد من الأعمال. قام أناس مثل لوثر واليسوعيون بتزويدهم إياها وبكل سرور. فظهرت بعدها تقارير مطبوعة عن الاكتشافات الجغرافية الجديدة.

امتدت ظاهرة حتى قبل عام 1500 عبر أوروبة. ابتدأت في إيطاليا حيث ابتدع الفنانون والنحاتون صورا أكثر طبيعة من أسلافهم. ونظر الناس حينها إلى تلك الظاهرة وكأنها عودة إلى الصفاء الإغريقي القديم. فكانت كتاباتهم أكثر أناقة وزادوا من المواضيع الاجتماعية بدلا من التقليدية الدينية. ساهمت المطابع الحديثة في الإبقاء وازدهار أعمالهم.

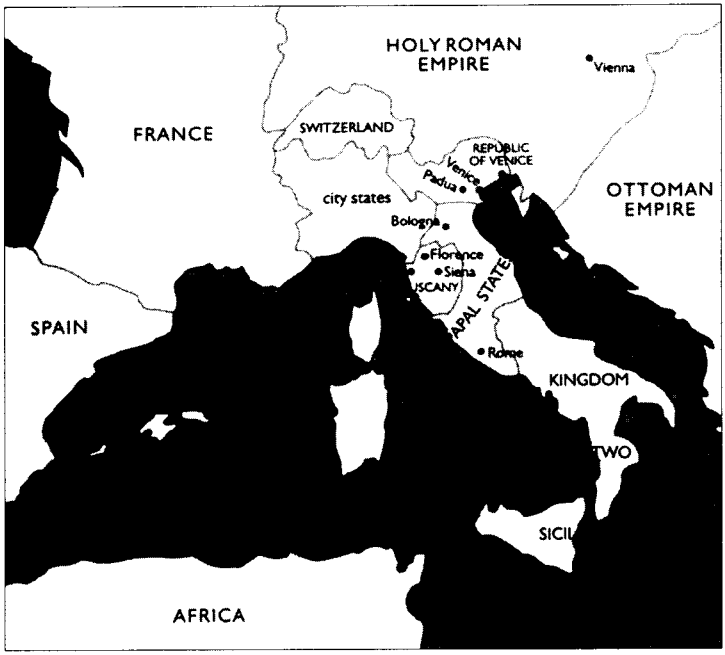
غالبا ما كان هؤلاء الكتّاب يكتبون بلغاتهم المحلية بدلا من اللاتينية، مما شجع التعليم إذ أصبح بإمكان الأطفال القراءة والتعلم بصورة أسرع بلغاتهم الأم بدلا من لغة أجنبية كاللاتينية. ولكن هذا التعليم باللغات الأم لفت انتباه القراء إلى الاختلافات الوطنية فيما بينهم. فنستطيع

القول أن الطباعة وسعت الآفاق من ناحية، ولكنها ضيقت عليها من ناحية أخرى.

بالرغم من توجه أوروبة نحو التحديث إلا أن توجهها هذا كان بطيئا. فالتنقل ما زال معتمدا على سرعة مشي المرء أو عدو الحصان أو إبحار السفينة. وبالرغم من أن معظم الملابس كانت تُصنع منزليا باستخدام مواد محلية، إلا أن إنتاجها تزايد في المصانع بالعديد من المدن، فكان الحائكون والنساجون يستخدمون آلات خشبية بدائية.

ازداد ثراء النبلاء الذين كانوا يملكون مصانع النسيج. استخدمت عائلة ميديسي Medici ثروتها في الأعمال البنكية والإقراض، وأصبح أحد أفراد هذه العائلة حاكما لمدينة فلورنس Florence. أطلق عليهم لقب دوق توسكاني Tuscany لامتلاكهم منطقة توسكاني المجاورة.

حكمت كثير من الهيئات مناطق مختلفة في شبه جزيرة إيطاليا زمن غاليليو. ضمت توسكاني المناطق الغرب شمالية مثل فلورنس وسيينا Siena وبيزا Pisa الساحلية. وكان البابا يحكم المناطق البابوية جنوبي وشرقي توسكاني من ضمنها روما Rome وبولونيا Bologna. وكانت أسبانيا تحكم مملكات نابولي Naples التي كانت جنوبي الولايات البابوية. وحكم دوق ميلان Milan شمالي وغربي توسكاني والتي امتدت حتى جبال الألب Alps. غربي ميلان، سيطرت جمهورية فينيسيا Venice على الأجزاء الشمالية للبحر الأدرياتيكي Adriatic Sea.



خريطة توضح وسط أوروبة الجنوبي كما كانت عليه في القرن السادس عشر.

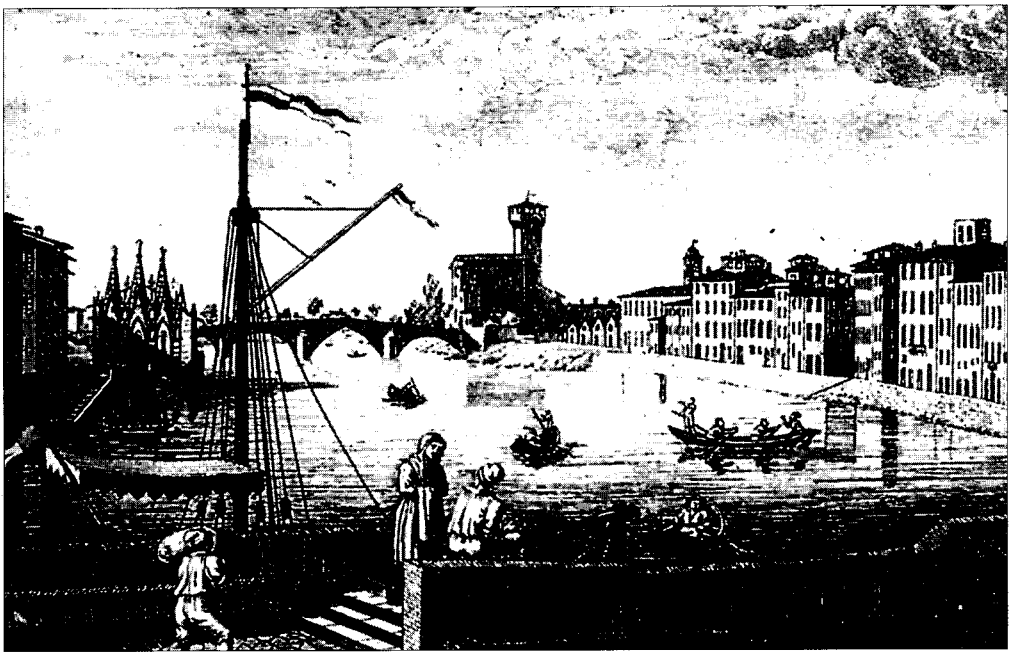
كان ما نسبته ثلاث أرباع سكان أوروبة من المزارعين، ولم يدعى سكان المدن لأكثر من 100،000 نسمة إلا ما ندر. وكانت نسبة وفيات الأطفال عالية لحد 20٪. وكان ما يزيد عن ثلث السكان ممن هم دون الرابعة عشر. ولم يكن يتوقع هؤلاء الذين اجتازوا عامهم الأول أن يعيشوا لأكثر من 45 عاما على المعدل، فقد كانت نسبة من يعمر لأكثر من 65 لا تتعدى الـ 5٪. وإضافة إلى حالات الموت الطبيعية، كان الناس (خصوصا في المدن) يعيشون مع خوفهم من الوباء البيبوني bubonic plague، أو الموت الأسود Black Death. فقدت فينيسيا ثلث سكانها من هذا الوباء، بينما فقدت ميلان نصفهم. هكذا كان عالم غاليليو.

تمتد جذور فيشينزيو غاليلي إلى عائلة مرموقة في فلورنس. كان دخله معقولا في تعليمه الموسيقى وفي أدائه على العود لبعض الأثرياء. تزوج عام 1562 من غيوليا أماناتي Giulia Ammannati لما كان يعيش في بيزا، وكان عمره آنذاك 42 بينما كانت هي 24. ولد بكرهم غاليليو في 15 شباط عام 1564، وسموه نسبة لأحد أجدادهم المشهورين والذي كان اسمه أيضا أساسا لاسم عائلتهم. من بين خمسة أو ستة أطفال آخرين، لم يعش إلا ثلاثة آخرين لهما.

عاد والدا غاليليو إلى فلورنس مع بلوغه الثامنة من العمر، وتركاه في بيزا برعاية عمه وعمته، ثم عاد لأبويه بعد سنتين. وبعد بعض الدراسات الابتدائية في فلونس، درس غاليليو اللاتينية في دير فاللومبروسا Vallombrossa على تلال تبعد 20 ميلا عن المدينة. وتمرس في الرسم وفي اللعب على العود.

جذبت حياة الدير الهادئة غاليليو فابتدأ بدراسة الكهنوت، ولكن أباه كان لديه خططا أخرى له. كان دخل أباه متواضعا لذا كان يطمح أن يصبح ابنه طبيبا كي يعين في مصاريف العائلة، فسحب غاليليو من الدير في الخامسة عشر من عمره. ثم ألحقه ببرنامج في الطب والفنون في جامعة بيزا. عاد غاليليو إلى بيزا في أيلول عام 1581 ليعيش مع عمه وعمته ثانية.

كانت تدرب أيامها الجامعات الرجال (لم يسمح بعد



منظر أيام طفولة غاليليو: بيزا على ضفاف نهر آمو.

للنساء بالالتحاق بها) في ثلاث مهن وهي اللاهوت والقانون والطب، ولكن كان ينبغي على جميع الطلبة دراسة الفلسفة إضافة لدراستهم المهنية المختلفة. تركزت دراسات الفلسفة على كتابات أريستوتل، إذ أصدر إغريقي القرن الثالث قبل الميلاد عدة أعمال شملت المعرفة كما كانت تُعرف في زمنه. راجع حوالي 1300 باحث مثل توماس آكيناس Thomas Aquinas أجزاءاً من كتابات أريستوتل لصياغتها بالتعاليم المسيحية، وأصبحت بعدئذ أساس العلوم الجامعية لأكثر من 300 عام.

بنى أريستوتل نظاما فكريا لتفسير ومقارنة التجارب الإنسانية. أُرغمت أفكار أريستوتل عنوة في أذهان غاليليو

وقرنائه الطلبة من خلال المحاضرات ومواد القراءة. سعى أريستوتل لكي يكون أسلوبه منطقيا ومتجانسا. ربط الأشياء في تصانيف ضيقة، فعزى مثلا نشاطات الحياة للنفوس. يقول أريستوتل أن لدى النباتات نفوسا نباتية تسبب نموها، كما تنمو الحيوانات بسبب نفوسها النباتية إضافة لتلك الحيوانية التي تسبب قدرتها على الحركة. ويصف أريستوتل الإنسان أخيرا أن لديه القدرة على التفكير لنفسه المتفكرة إضافة لنفسه النباتية وتلك الحيوانية.

بنى أريستوتل منطقه على استنتاجات بسيطة: الإنسان مخلوق زائل، لذا فإن سقراط Socrates مخلوق زائل أيضا. ميز أريستوتل تمييزا كبيرا بين الأرض والسماء كي يفسر رؤياه للكون. فاعتبر الأرض مركزا، بينما يسبح حولها كل من القمر والشمس والكواكب والنجوم. واعتبر السماوات كاملة الصنع وأبدية، تدور في مجالات دائرية وتكون مادة كونية خاصة تدعى الأثير aether باليونانية.

وبالمناظرة، كانت الأرض وما حولها حتى القمر مدعاة لتغير مستمر. تتكون المواد الأرضية من مقادير مختلفة للعناصر الأربع - اليابسة والماء والهواء والنار. «استنتج» أريستوتل تلك العنصر من خواص الحرارة والرطوبة: إن اليابسة باردة وجافة، والماء بارد ومبلول، والهواء حار ورطب، والنار حارة وجافة.

هنالك أسباب لجميع التغيرات الأرضية. اقترح

أريستوتل أربعة أسباب مثّلها في مثال تمثال الإله الإغريقي أثينا Athena. لصنع هذا التمثال يجب أن يتوفر لك سبب المادة وهو الرخام. كما تحتاج أيضا لسبب التكوين، وهو صورة وتكوين الآلهة. يوفر النحّات بأدواته السبب العملي، أي الأعمال اللازمة للنحت. وسبب عمل هذا التمثال - للعبادة أو التزيين - هو السبب الأخير.

كوّنت هذه الأفكار وغيرها النظام الفلسفي الذي درسه غاليليو في بيزا، فقد سطّرت إطار معرفة الكون والتي كانت من خصوصيات المثقفين في أوروبة. وكان مدعومة من سلطات الكنيستين الكاثوليكية والبروتستنتية.

رفض غاليليو قبول هذه الأفكار لمجرد طرحها من أساتذته أو لأن أحد قدماء الإغريق الذي توفي من قرنين كان قد طرحها. فاتبع غاليليو أسلوب والده الذي ناقش نظريات الموسيقى، إذ كان فيشينزيو قد ألّف كتابا هاما يناقض فيه نظريات الموسيقى التقليدية.

كان قدامى الإغريق مصدر النظريات الموسيقية. قالوا أن أصوات العود المتجانسة تعتمد على أطوال الأوتار وكأنها أجزاء من بعضها بعضا. فمثلا تكون النسبة الثُمانية بواقع 2:1 (أي أن طول وتر في مجموعة الثمانية يكون نصف الذي قبله)، والخماسية 3:2، والرباعية 4:3. فلا تتوقع، على حد تعبيرهم، تجانس أطوال الأوتار بنسب أكبر من ذلك.

وحيث أنه عوّاد متمرس، ادعى فيشينزيو غاليلي أنه

كان فيشينزيو والد غاليليو عوادا، مثل الذي ممثل في هذا الرسم بجانب لاعب الأورغ.

يجب أن يعتمد التجانس على ما يروق آذاننا. فقام بتجارب على أطوال أوتار وقوى شدّ وأصدر تجانسا لا يعتمد فقط على النسب الصغيرة. فمثلا تكون النوتات الموسيقية متجانسة كليا إذا كانت نسبة قوى الشد 16 : 25. أثر اتجاه فيشينزيو في التجارب العملية بدلا من النظريات المبسطة على ابنه.

اكتشف غاليليو في شتاء عام 1583 طريقا منهجيا أكثر تقبلا من طريقة أريستوتل - منطق الهندسة لدى يوكليد Euclid. لم تكن تُدَرّس الرياضيات إلا قليلا في منهج الفن والطب، ولكنها كانت تُدَرّس باستفاضة في بلاط توسكان. كان الدوق العظيم وحاشيته يقضون الفترة ما بين أعياد الميلاد والفصح في مدينة بيزا. ورغم أن رياضي البلاط، ريتشي، كان صديقا لوالد غاليليو، إلا أن فيشينزيو أبقى ابنه بعيدا عن الرياضيات لأنه كان يعتبرها مضادة لنظرياته الموسيقية.

كان غاليليو يزور ريتشي في البلاط دون علم أبيه حيث اكتشف رياضيات يوكليد. بقي كتاب يوكليد في الهندسة منهجا معتمدا في الرياضيات منذ أن ألّفه في الاسكندرية حوالي عام 300 قبل الميلاد. أعجب غاليليو بمنطق الكتاب الواضح، وربما شعر نفس شعور توماس

هوبز Thomas Hobbes فيما بعد 45 عاما من ذلك. كان هوبز فيلسوفا إنجليزيا وله مقدمة في الرياضات كتبها صدفة، بعد أن أنهى تعليمه الرسمي. لقد سُجلت ردود أفعال هوبز في صورة معاصرة لحياته:

> كان عمره 40 عاما قبل أن يواجه الهندسة، وحصل هذا صدفة. وقع نظر هوبز، أثناء انتظاره في مكتبة للرجال يوما ما، على مواد ملقاة خاصة بالنظرية الفيثاغورية Pythagorean theorem (Book 1, Proposition 47). قرأ ما نصت عليه النظرية. حلف بالله قائلا (كان يحلف عادة للتأكيد) هذا مستحيل! فأعاد قراءة النظرية كاملة فأعادته إلى نظريات قبلها، فقرأها كذلك. وهكذا دواليك حتى اقتنع تماما بصحة النظرية الأصلية. كان هذا سببا لشغفه بالهندسة.

أحب الهندسة كثيرا حتى أصبح بعد 20 عاما مدرس أمير ويلز Prince of Wales الخاص (الذي أصبح تشارلز الثاني Charles II). وكذلك غاليليو إذ كان يعطي دروسا خصوصية في الرياضيات لوريث دوقية توسكاني الكبرى، وذلك بعد 20 عاما من تعرضه للهندسة.

اتبع غاليليو بعض توجيهات ريتشي ثم استعار كتبا للمضي في الطريق بنفسه، وما هي إلا أيام قلائل حتى وجد نفسه مكرسا جميع طاقاته لدراسة الهندسة. أطلعه ريتشي كذلك على كتابات أرخميدس، المعروف كأعظم رياضي القرون القديمة. تعلم غاليليو من أرخميدس كيفية تطبيق المنطق الهندسي على الأجسام الصلبة مثل الروافع والأجسام الطافية.

بقي غاليليو في بيزا لغاية ربيع عام 1585 بعد أن وافق أبوه على مضض لدعمه في إكمال دراسته للرياضيات، وغادر بعدها الجامعة دون الحصول على درجته بعد أن أهمل دراسته وتجنب أخذ الامتحانات. فانطلق ليكسب عيشه كعالم رياضيات. كان أحياناً ينتهز فرصا شحيحة كمدرس خاص، بينما خصص باقي وقته لدراسة أعمال أرخميدس ناظرا إلى طرق يطور فيها الأفكار التي تعلمها من الرياضي الإغريقي. وسرعان ما أحدث نظرية لتحسين طرق حساب مركز جاذبية الأجسام الصلبة. إن تحديد مركز الجاذبية لشكل غير منتظم عملية رياضية معقدة.

أرسل غاليليو نظريته لعدة علماء رياضيات للحصول على موافقتهم وتأييدهم، وكان أحدهم نبيلا في أوربينو Urbino يدعى غيدوبالدو ديل مونتي Guidobaldo del Monte. كان أخوه مسؤولا عن أمور فلورنس. فسعى الأخوان بعد رؤيتهم مهارات غاليليو، لتنصيبه أستاذ رياضيات.

سافر غاليليو إلى روما خريف عام 1587 للالتقاء برئيس قسم الرياضيات في جامعة روما Roman College (Collegio Romano)، وهو مركز تدريب المسيحيين. عرف هذا الرجل واسمه كريستوف كلافيوس Christoph Clavius بعمله في إحداث التقويم الغريغوري (الميلادي) Gregorian calendar. كانت الكنيسة في عام 1582، وعلى أيام البابا غريغوري الثامن Pope Gregory XIII، قد أعادت

مراجعة التقويم ليتماشى أكثر مع مدة السنة الحقيقية. اختُصِرت السنوات الكبيسة قليلا (364 يوما) وحُذِفت 10 أيام من شهر تشرين الأول October لعام 1582. أُعجب كلافيوس كذلك بغاليليو وكتب رسائل تزكية من أجله.

استطاع مناصرو غاليليو أخيرا في خريف عام 1589 من تعيينه أستاذ رياضيات في جامعة بيزا، فعاد بعد أربع سنوات من مغادرته دون شهادة لينتمي لذات الهيئة التدريسية الذين كانوا أساتذته بالأمس. ولكنه كان لا يتقاضى سوى 60 فلورين florin بينما كان أساتذة الفلسفة يتقاضون 600 أو أكثر. ولتقريب هذا المبلغ لعملتنا الحالية، فإذا كان أستاذ الجامعة يتقاضى 100,000 دولار، لم يكن معاش غاليليو سوى 10,000 دولار.

لم تكن مهام غاليليو التعليمية بالثقيلة، فأمضى وقته الخاص في محاولة تطبيق أساليب أرخميدس لدراسة الأجسام المتحركة. ادعى أريستوتل أن وزن الجسم هو سبب سقوطه، وبالتالي فإن سقوط الجسم الأثقل أسرع من سرعة سقوط جسم أخف وزنا. لاحظ غاليليو أن هذه النظرية تناقض التجربة العملية. فرغم إقراره بوجود اختلاف في سرعة تساقط الأجسام، إلا أنه عزى ذلك لظاهرة طفو الأجسام على الهواء، مستمدا من آراء أرخميدس حول ظاهرة الطفو على الماء.

يقول أرخميدس أن الماء يحمل كل جسم ذا كثافة أقل من الماء، فاستنتج غاليليو أن للهواء نفس خاصية

الحمل للأجسام ذات الكثافة القليلة. فصرّح أن الأجسام ذات الكثافة القليلة تسقط في الهواء أبطأ من تلك الأكثف منها. فالكثافة، لا الوزن، هي العامل المسيطر. بل إن غاليليو استطرد فقال لولا وجود الهواء لسقطت كل الأجسام بالسرعة ذاتها.

كان غاليليو أستاذا مشاغبا كما كان طالبا، فلم يتبنى تقاليد أريستوتل المبهمة كما تبناها أساتذته من قبل. نشر عام 1591 أحد هؤلاء واسمه فرانشيسكو بيونامیتشي Francesco Buonamici مقدمة من 1000 صفحة عن الحركة، فكان رد غاليليو عليها أنها «مليئة بالكلمات».

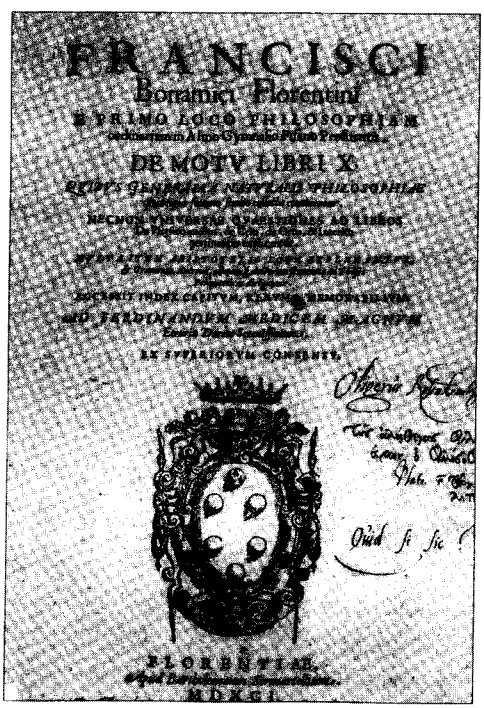
سجل غاليليو آراءه الخاصة في مقال بعنوان مع الحركة On Motion وهو ما يزال في بيزا. ورغم مراجعتها مرات عديدة إلا أنه لم يكن مرتاحا لحقيقة أن بعض نظرياته لا تتوافق مع الواقع تماما. فلم ينشر مقالته هذه متمنيا أن يستطيع يوما من ضبطها. قام غاليليو خلال فصول مقالته الـ 23 بمهاجمة نظرية أريستوتل حول الأجسام الساقطة موضحا نظريته الأرخميديسية. قام بفحص الحركة متبعا أساليب رياضية أفضل مما اتبعه بيونامیتشي نفسه. لكنه وجد أخيرا أن نتائج تحليلاته لا تتماشى مع التجارب العملية.

واحدة من تجاربه على الأقل ناقضت أريستوتل. يستمد برج بيزا المائل بعض شهرته من أنه يُروى أن غاليليو أسقط أوزانا من أعلاه عن مسافة 180 قدم. ورغم

أن كثير من المؤرخين المعاصرين يشكون في صحة هذه الحادثة، هناك ما يثبت أن غاليليو قام بإجراء تجربة واحدة على أقل تقدير من هذا البرج.

يصف غاليليو في كتابه الأخير العلوم الجديدة The New Sicences (1638) كيف أسقط أوزانا حديدية من علو شاهق. إذا كان وزن إحدى القطع عشرة أضعاف وزن الأخرى (فلنفرض أن الأولى قطعة حديدية من عشرة أرطال والأخرى من رطل واحد)، يدعي أريستوتل أن القطعة الخفيفة لن تقطع أكثر من عشر المسافة حين وصول القطعة الثقيلة إلى الأرض. بينما يدعي غاليليو أنه لاحظ وصول القطعتين سوية إلى الأرض - أو على الأقل في زمن متقارب جدا.

كتب عام 1591، فرانشيسكو بيونامي تشي وهو أحد أساتذة غاليليو ، كتب أن الحركة عملا فلسفيا عظيما.



لا يوجد ما يثبت أن هذه التجربة تمت علنا، فقد أجراها غاليليو لفضوله الخاص ربما مع بعض تلامذته. لكنه بإمكاننا تخيله يهاجم الفلسفة بقوله: «جربوها بأنفسكم إن كنتم لا تصدقوني». إذ لا يبدو أن عملية جر وحمل الأثقال لبرج من عمليات الفلسفة.

إن اكتسابه عشر أو أقل مما يكسبه الفلاسفة دليل على كونه في أسفل

سرعات السقوط المتساوية

ادعى أريستوتل أن الأجسام الثقيلة تسقط بسرعة أكبر من سرعة الأخف منها وزنا، وقد وافقه فلاسفة عصر غاليليو، ولكن غاليليو قال أنه يشك في هذا الاعتقاد منذ صغره أثناء مراقبته سقوط حب العزيز. فقد لاحظ تساقط حبات مختلفة الأحجام من حب العزيز تصل إلى الأرض سوية فقرر أنها تتساقط بذات السرعة. لم يكن يصدق أنه لو تساقطت الحبات في سرعات متفاوتة أنها بدأت تساقطها دوما في الأوقات والأمكنة المناسبة لتصل إلى الأرض سوية.

ناقش غاليليو في مقالته مع الحركة داعما فكرة أن الأجسام ذات الأوزان المتفاوتة تسقط بسرعة واحدة - أي أن سرعتها لا تعتمد على وزنها.

فكر في قطعتي رصاص وزن الأولى أوقية واحدة ووزن الأخرى 5 أوقيات، وارمهما من ارتفاع 100 قدم. يقول أتباع أريستوتل أنه لم تصل الأثقل إلى الأرض، لن تتجاوز الأخف منها مسافة 20 قدم من سقوطها. إذ تسقط الأشياء بسرعات تعتمد على أوزانها.

يتساءل غاليليو، ما سرعة التساقط التي يظنها أريستوتل لو تم ربط القطعتين معا؟ قد يجيب أن الأخف وزنا تحد من سرعة تساقط الأثقل وزنا. يعني هذا أن سرعة تساقط القطعتين معا أبطأ من سرعة تساقط القطعة ذات الخمسة أوقيات، علما أن مجموع أوزانهما هو 6 أوقيات. إذن وحسب قانون أريستوتل، فإنهما يسقطان معا بسرعة أكبر من سرعة تساقط قطعة الخمس أوقيات بحد ذاتها. أسرع أم أبطأ؟ هناك تناقض!

كتب غاليليو:

ما هو البرهان الأكثر وضوحا الذي نستطيع تقديمه لخطأ ظن أريستوتل؟ أتساءل من هو الشخص الذي لا يمكنه رؤية الحقيقة، حين ينظر إلى الأمور بصورة مبسطة طبيعية؟ فلو افترضنا أن القطعتين متساويتين ومتقاربتين، نوافق جميعا أن سرعة تساقطهما متساوية. تخيل أننا ربطناهما معا أثناء سقوطهما، ما الذي يدعوهما لمضاعفة سرعتهما كما يدعي أريستوتل؟

لذا فلا داعي للاعتقاد أن الأجسام ذات المادة الواحدة ومن أوزان مختلفة أن عليها التساقط في سرعات مختلفة.

أخذ غاليليو باعتباره أن شكل وكثافة المادة يؤثران على سرعة سقوطها في الهواء. وادعى لاحقا في حياته أن قطعة من الصوف تتساقط في الفراغ بنفس سرعة تساقط قطعة من الرصاص. أثبت العلماء بعد اختراع مضخات التفريغ حوالي عام 1650، صحة ادعاء غاليليو.

قام رائد الفضاء ديفيد ر. سكوت David R. Scott في شهر آب من عام 1971 في رحلة أبوللو Apollo 15 بإجراء هذه التجربة على سطح القمر وبثتها محطات التلفزة، فشاهد الجميع كيف صورت الكاميرا تساقط ريشة جنبا إلى جنب مطرقة على سطح القمر الخال من الهواء. علق الكولونيل سكوت قائلا، «يثبت هذا أن غاليليو كان محقا».

السلم التعليمي، أضف إلى ذلك معارضته لأريستوتل التي لم تجعله موضع تقدير مع زملائه. فتوقع مع انتهاء عقد عمله ذي الثلاث سنين أن لا يجددوا له. كان محقا.

تحمل غاليليو أعباء العائلة بعد وفاة والده في تموز من عام 1591. وكان لديه عبء آخر إضافة إلى مصروف البيت وإطعام أفراده، إذ تزوجت أخته فيرجينيا Virginia في أوائل عام 1591 وكان عليه تحمل مهرها. جرت العادة آنذاك أن تحضر العروس معها أقمشة ومالاً لبيتها الجديد. وقد ساهم غاليليو حتى قبل وفاة والده ببعض أغطية الأسرة الحريرية لأخته. كتب لوالده، «لدي الآن بعض قطع الحرير لتزيين الستائر . . . أستطيع أيضا وحسب رغبتك أن أحضر أقمشة كافية لصنع أربعة أو خمس صدريات من الدمشقيات أو المخمل في أشكال مثيرة».

اتفقوا على المهر ومن ثم طريقة الدفع، وكان المجموع يعادل ما يكسبه لعدة سنوات، فهو بحاجة إذن لسنوات للوفاء بديونه. لذا كان غاليليو بحجة ماسة لعمل جديد. استطاع بمساعدة أصدقائه الأرستقراطيين من الحصول على منصب أستاذ رياضيات في جامعة بادوا University of Padua، وبمرتب أكثر من ضعفي ما كان يتقاضاه سابقا. بدأت الأمور بالانفراج.