

أصول الهندسة لأقليدس

بقلم

الدكتور محمد رسي أحمد

مدير جامعة عين شمس

سيرة أقليدس

هؤلاء التلاميذ وإن كان هذا يبدو محتملاً .
ومن الأمور المؤكدة أن أقليدس عاش في الإسكندرية ، وعلم في جامعتها ، وخلق حوله مدرسة للعلوم الهندسية . يؤكد هذا ما جاء في كتابات بابوس عن أبولونيوس حين قال عنه : إنه قضى زمناً طويلاً مع تلاميذ أقليدس بمدينة الإسكندرية ، ومن هنا جاءت معرفته بطريقة التفكير العلمي الصحيح .

ولم يصل إلى علمنا إلا النزر اليسير عن صفات أقليدس وحياته الخاصة وشخصيته ، ويتكشف هذا فيما ذكره بابوس عند كلامه عن مقدمة أبولونيوس لكتابه الأول في القطاعات المخروطية والتي ادعى أبولونيوس فيها أن أقليدس لم يكن قد أكمل تركيب الرهان لمسألة المحل الهندسي لثلاثة أو أربعة مستقيمت ، لأن ذلك لم يكن مستطاعاً بدون النظريات التي كشفها أبولونيوس . يقول بابوس في هذا : « ولما رأى أقليدس أن الفضل في الكشوف التي قام بها في القطاعات المخروطية يرجع إلى أرسطوس ، لم يحاول أن يدعي سبق أو يعيد ذات العمل مرة ثانية (تلك كانت صفاته في الانصاف والعطف على كل من عمل على تقدم الرياضيات ولو بقدر ضئيل) ، ومع أنه كان دقيقاً

لا نعرف الكثير عن حياة أقليدس وزمانه ، والمرجح أنه عاش في زمن بطليموس الأول ، ووضع أصول الهندسة ، وجمع كثيراً من نظريات يودكسوس وأكمل كثيراً من البراهين التي كانت مفككة من قبله . وقد جاء ذكره في كتابات أرشميدس الذي ظهر بعد عصر بطليموس الأول مباشرة . ويرى أن بطليموس الأول سأل أقليدس عما إذا كانت هناك طريقة أقصر إلى الهندسة من « الأصول » فأجابه أقليدس بأنه لا يوجد طريق ملكي للهندسة .

ومعنى هذا أن أقليدس كان أصغر من تلاميذ أفلاطون وأكبر من أرشميدس . وإذا رجعنا إلى تاريخ وفاة أفلاطون (٣٤٧ قبل الميلاد) ، وإلى تاريخ وفاة أرشميدس (٢١٢ قبل الميلاد) ، نستطيع أن نرجح أن أقليدس بلغ أوج عظيمته عام ٣٠٠ قبل الميلاد .

ومن المرجح أيضاً ، أن أقليدس تلقى تعليمه الرياضي في أثينا على يد تلاميذ أفلاطون ، لأن معظم الرياضيين الذين لقنوا العلم كانوا من رواد تلك المدرسة ، غير أنه لا يمكن الجزم بأنه كان واحداً من

لم يكن يغمط أى إنسان حقه ، مختلفاً فى طبيعته هذه عن صاحبنا الآخر (أبولونيوس) ، كتب كثيراً عن المحل الهندسى مستخدماً قطاعات أرسطوس ولم يدع الكمال لبراهينه .

ولا نعتقد أن بابوس كان له فى ذلك سند من سيرة أفليدس ، ولعل ما ذكره أبولونيوس عن أفليدس من عبارات ظالمة قد أثاره ، فرسم هذه الصورة الخيالية لشخصية أفليدس .

وهناك رواية أخرى عن أفليدس ، حبذا لو كانت صحيحة ، فقد قيل أن أحد تلاميذ أفليدس سأل أستاذه وقد فرغ من النظرية الأولى فى الهندسة ، عما عساه يكسب من وراء تعلمه الهندسة ؟ فأمر أفليدس خادمه أن يعطى السنيذ قطعة من النقود ما دام يأبى إلا أن يتكسب من وراء المعرفة .

كتابه فى أصول الهندسة

وكتاب أفليدس فى أصول الهندسة يعتبر أعظم الكتب المدرسية التى كتبت من أقدم العصور إلى عصرنا هذا ؛ ويقع فى ثلاث عشرة مقالة ، تبدأ أولها بتعاريف ثم خمس مصادرات أو مسلمات (عمليات تفترض صحتها) ، ثم علوم متعارفة أو أشياء متعارف عليها (حقائق واضحة بذاتها) وعددها خمس أيضاً ، ثم تأتى بعد ذلك النظريات .

وتشمل التعاريف : النقطة ، والخط ، والخط المستقيم والسطح ، والسطح المستوى ، والزواية المستوية ، والزواية الخطية المستقيمة ، والزواية القائمة ، والزواية المنفرجة ، والزواية الحادة ، كما تشمل الشكل ، والدائرة ومركزها وقطرها ونصف الدائرة ، والأشكال الخطية ، والمثلث المتساوى الأضلاع ، والمتساوى الساقين ، والمربع ، والمعين وشبه المعين ، وشبه المنحرف ، والخطين المتوازيين .

أما المصادرات أو المسلمات فهى :

١ - يمكن رسم خط مستقيم من أية نقطة إلى أية نقطة أخرى .

٢ - يمكن مد الخط المستقيم المتناهى بصفة متصلة إلى خط مستقيم .

٣ - يمكن رسم دائرة لها مركز معلوم ونصف قطر معلوم .

٤ - جميع الزوايا القائمة مساو بعضها البعض الآخر .

٥ - إذا سقط مستقيم على مستقيمين فجعل مجموع الزاويتين الداخلتين على جهة واحدة منه أقل من قائمتين ، فإن هذين المستقيمين إذا مدا إلى ما لا نهاية له ، يتلاقيان على نفس الجهة التى عليها مجموع الزاويتين أقل من قائمتين .

أما العلوم المتعارفة أو الأشياء المتعارف عليها فهى :

١ - الأشياء المساوية لنفس الشئ يساوى بعضها البعض الآخر .

٢ - إذا أضيفت أشياء متساوية إلى أشياء متساوية فالخواصل متساوية .

٣ - إذا طرحت أشياء متساوية من أشياء متساوية فالباقيات متساوية .

٤ - الأشياء التى تنطبق الواحدة منها على الأخرى تساوى الواحدة منها الأخرى .

٥ - الكل أكبر من الجزء .

ونعود إلى التعاريف وأولها تعريف النقطة الهندسية «النقطة ما ليس له أجزاء»^(١) . ولا ترضى النفس عن هذا التعريف ، فهو يصف النقطة بما ليس لها ولا يصفها بما هى ، ولا بد لنا من بيان حالة الهندسة

(١) عرف نصير الدين الطوسى النقطة «شئ ذو وضع لا ينقسم فى الخارج» .

وتعريف النقطة قبل أفليدس حتى نتبين الحكمة في هذا التعريف ؛ فلقد آمن فيثاغورث أن الأعداد وراء كل ما هو في الكون ، وكان قد فسر النغمات الموسيقية وتوافقها بعلاقتها بطول الوتر المتردد ، وأثبت أنك إذا أخذت الوتر كله أو أخذت نصفه أو ثلثيه أو ثلاثة أرباعه أو أربعة أخماسه ، وهكذا في نسبة كل عدد إلى العدد التالي له ، لحصلت على نغمات توافقية ، وظهرت هذه العلاقة ، واستولت عليه فكرة تفسير ظواهر الكون بالأعداد ونسب الأعداد .

أعتبر فيثاغورث النقطة الهندسية عنصراً أولياً في الفراغ كوحدة الأعداد في الحساب ، ولكنها تختلف عنها بأن لها صفة المكان ، فهي وحدة لها مكان ؛ وأى نقطة على الخط المستقيم ، يمكن مطابقتها على نسبة عددين صحيحين متناسين مع بعدها عن طرفي المستقيم . وهذا معناه أن الخط عبارة عن تتابع نقاط متميزة .

وفكرته عن الزمن ليست بعيدة عن هذا ، أى أن الزمن يتكون من تتابع لحظات متميزة الواحدة عن الأخرى ، تماماً كما يحدث في العرض السينمائي ؛ فالعرض الظاهر الاتصال هو في واقع الأمر عبارة عن صور منفصلة تتعاقب الواحدة إثر الأخرى بسرعة تمحو آثار الانفصال الزمني فلا تدركه العين .

ومن هاتين النظريتين نشأت نظرية غريبة عن السرعة ، تقول : إن أسرع أنواع الحركة ، هو ذلك الذى يستفيد فيه الجسم المتحرك من كل لحظة من لحظات الزمان لينتقل من نقطة في الفراغ إلى النقطة التي تليها . ومعنى هذا أن هناك سرعة قصوى ، لا يمكن أن يتعداها أى جسم متحرك . وبدأت هذه النتيجة غير مقبولة في ذلك الحين ، ولم تقبل لذلك النظرية القائلة بالنقاط المتميزة ، واللحظات المنفصلة .

ولعله من الطريف في هذا المجال أن نذكر أن علماء الطبيعة الحديثة يعرفون الآن بوجود سرعة قصوى

لا يمكن لأى جسم متحرك أن يسير بأسرع منها ، وهي سرعة الضوء ، ومقدارها ثلاثمائة ألف كيلومتر في الثانية .

وثمة سبب أهم لطرح وجهة نظر الفيثاغوريين ، ذلك أن تعريفهم للنقطة لم يكن متفقاً مع ما عرف من خواص الأشكال الهندسية ، من أنه ليس من الصحيح أن أى طولين أو بعدين يمكن أن تكون النسبة بينهما كنسبة عددين صحيحين . وأقرب مثل لهذا ، النسبة بين قطر المربع وضلعه ، وهي مما لا يمكن التعبير عنه بعددين صحيحين .

ولإثبات ذلك نقول : لتكن النسبة بين قطر المربع وضلعه كنسبة العددين الصحيحين (م : ن) ولنفرض أن هذا الكسر وضع في أصغر حديه ، بمعنى أنه لا يوجد عامل مشترك بين بسطه م ومقامه ن ، ولما كان معروفاً أن المربع المنشأ على القطر يساوى ضعف المربع المنشأ على ضلع المربع ، كانت $م^2 = 2ن^2$ ، ولما كان مربع العدد الفردى فردياً ، وكان مربع «م» عدداً زوجياً كانت «م» زوجية أيضاً ، ولتكن 2 ب مثلاً ، وحينئذ يكون $2ب^2 = 2ن^2$ وتكون ن زوجية لذات الاعتبار السابقة ؛ ونكون قد أثبتنا أن كلا من م ، ن زوجي ، مخالفين بذلك الفرض القائل بخلوها من العوامل المشتركة . ونصل من ذلك إلى أن النسبة بين قطر المربع وضلعه لا يمكن أن تكون كنسبة عددين صحيحين . وأخذ تعريف أفليدس للنقطة على ما به من تقصير يحل محل تعريف فيثاغورث .

كذلك أثار تعريف أفليدس للخط المستقيم جدلاً كثيراً . فالخط المستقيم عنده « هو ذلك الذى يقع على استواء بالنسبة للنقطة الواقعة عليه »^(١) ، وليس واضحاً المقصود بهذا الكلام . وعند البعض أن فكرة التماثل

(١) عرف نصير الدين الطوسي الخط المستقيم « الخط المستقيم إذا كانت النقط التي كانت تفرض عليه بعضها على مقابلة البعض ، ومنحن إن لم يكن كذلك » .

المشكلات الطبوغرافية الخاصة بهندسته ، وكثيراً ما يفترض أنه إذا كان للدائرة ١ جزء خارج الدائرة ب وجزء داخل الدائرة ب فان الدائرتين ١، ب يتقاطعان . وكثيراً ما تكون المسألة الطبوغرافية هامة في البرهان ، إذ من الممكن الوصول إلى نتائج خاطئة باستعمال رسم خاطيء واتباع منهج أقليدس في البرهان .

والمسلمات الأربع الأولى من مسلمات أقليدس سهلة ليس فيها ما يثير المتاعب فمنها مثلا المسلمة التي تقول بإمكان رسم خط مستقيم من نقطة إلى نقطة أخرى . أما المسلمة الخامسة فهي أطول في النص وأقل وضوحاً في الفكرة ، وهي المسلمة المعروفة بمسلمة التوازي ونصها: « إذا قطع مستقيم مستقيمين آخرين وكان مجموع الزاويتين الداخليتين من جهة واحدة أقل من قائمتين ، فان هذين المستقيمين الآخرين إذا مدا يتقابلان من هذه الجهة التي فيها مجموع الزاويتين الداخليتين أقل من قائمتين » ويبدو أن أقليدس ذاته لم يكن مرتاحاً إلى هذه البديهية ، لأنه تجنب استخدامها كلما استطاع ذلك ، ولم يلجأ إليها إلا في النظرية التاسعة والعشرين من المقالة الأولى .

ويرجع عدم ارتياح القدماء والمحدثين إلى هذه البديهية ، لا إلى الشك في صحتها ولكن إلى طبيعة كونها من الحقائق المشاهدة أكثر من أنها بديهية واضحة في ذاتها . كذلك ثارت الشكوك حول احتمال اشتقاقها من غيرها من البديهيات الأخرى بالاستنتاج المنطقي ؛ ولكن الإجماع الآن على أنه لا يمكن بأية حال استنتاجها من غيرها من مسلمات أقليدس ، وأن بديهية ما للتوازي أساسية لهندسة أقليدس .

وقد تحول البحث إلى محاولة إيجاد بديهية أخرى للتوازي أبسط وأكثر وضوحاً ، تحل محل بديهية أقليدس ، كأن نسلم مثلا بأنه يمكن تقسيم الفضاء إلى مكعبات متساوية ، أو أن مجموع زوايا المثلث يساوي

هي الفكرة الأساسية ، فإذا وصلنا النقطتين ١ ، ب بمنحني ل فانه يوجد منحني آخر ل يختلف عن ل بأنه صورته في المرآة ، أى ما يكون يساراً في أحد المنحنيين يكون يمينا في المنحني الآخر . والمنحني الوحيد الذي فيه ينطبق ل على ل هو الخط المستقيم ١ ب . وعند البعض الآخر أن تعريف أقليدس يشير إلى عملية كعملية تصويب البندقية ، فعندما تكون ١ ، ب كلاهما في خط النظر كذلك ستكون جميع نقط الخط المستقيم ١ ب . ومهما يكن الأمر فإن أقليدس لم يستخدم تعريفه للخط المستقيم ولا تعريفه للنقطة الهندسية .

أما وجهة النظر الحديثة في النقطة والمستقيم فهي التسليم بأنهما تصوران أوليان . ومهما تكن وجهة النظر هذه منطقية إلا أنها تدعو للأسف واليأس من وجهة نظر عالم الطبيعة لأنها تفقد الهندسة صفة كونها تمثيل لأمور توجد بالفعل في الطبيعة .

ولقد وضع أقليدس من الفروض الأساسية خمس مسلمات ، وخمس أشياء متعارف عليها ، ومن هذه وتلك استنتج نظرياته . والواقع أنه يفترض عدداً أكبر من البديهيات دون أن يعترف بها أو يسميها ؛ فمثلا برهانه أن المثلث يتعين تماماً إذا عرفت منه زاوية والضلعان المحيطان بها ، يفترض فيه أنه يمكن نقله إلى مكان آخر كالجسم المتماثل مع الاحتفاظ بمحواصه الهندسية دون تغيير ؛ ولا يظهر هذا الفرض بين بديهيات أقليدس . فإذا سلمنا به أمكننا الاستغناء عن المسلمة الرابعة والتي تقول إن جميع الزوايا القائمة متساوية ، لأنها سوف تكون حينئذ مما يمكن إثباته . كذلك لكي يستقيم برهانه أن الزاوية الخارجة في المثلث تكون أكبر من أى من الزاويتين الداخلة والمقابلة . لا بد أن نفترض أنه توجد دائماً قطعة من خط مستقيم تكون ضعف قطعة معلومة أخرى ، وأن الخط المستقيم لا نهاية له .

كذلك لم يحاول أقليدس البتة أن يبحث في

أقليدس والعرب

وجاء في كتابات العرب عن أقليدس أنه أقليدس ابن نقرات بن زنارخوس ، ولد بطبرة ، إغريقي الجنسية ، دمشقي الوطن ، فيلسوف من العصور الماضية ، عالم كبير في الهندسة ، كتب أعظم وأنفع كتاب أسماه أصول الهندسة ، أو أسس الهندسة ، وهو عمل لم يسبق إليه ما هو أعظم منه ، ترسم خطاه واعترف بفضلها كل من جاء بعده ، ودأب القادرون من علماء الإغريق والرومان والعرب على شرح كتابه والتعليق عليه والاقْتباس منه . وكان الفلاسفة الإغريق يضعون على أبواب مدارسهم العبارة الشهيرة « لا يدخلها من لم يتعلم أصول هندسة أقليدس » .

والذي يسترعى النظر في هذا الوصف ما جاء من تفاصيل عن اسم أبيه وجده ، وعن موطنه ، ومسقط رأسه ، وهي تفاصيل لم يكن بروكلوس يعرف عنها شيئاً وهو الذي عاش قبل كتابات العرب بعدة قرون (في القرن الخامس الميلادي) . أما عبارة « لا يدخلها إلا من يعرف الهندسة » فالتواتر أنها كانت مكتوبة على باب أكاديمية أفلاطون .

ويقول ابن النديم في كتابه الفهرست : « أقليدس صاحب جومطريا ، ومعناه الهندسة ، وهو أقليدس ابن نوقطرس بن برنيقس ، المظهر للهندسة ، أقدم من أرشميدس وغيره ، وهو من الفلاسفة الرياضيين .

والكلام على كتابه في أصول الهندسة - واسمه الأسطروشيا ، ومعناه أصول الهندسة ، نقله الحجاج ابن يوسف بن مطر نقلين : أحدهما يعرف بالهاروني وهو الأول ، ونقلاً ثانياً ، وهو المأموني ، ويعرف بالمأموني ، وعليه يعول ، ونقله إسحاق بن حنين وأصلحه ثابت بن قرة الحراني ، ونقل أبو عثمان الدمشقي منه مقالات رأيت منها العاشرة بالموصل في خزانة على

قائمتين . ولكن لا واحدة من هذه المسلمات تلزم من الوجهة المنطقية ، وبذلك لم يتوصل الرياضيون إلى خلق هندسة مبنية على حقائق منطقية لا غنى عنها ، إلى أن ظهر الرياضي الإيطالي سشيرى ، وطلع على العالم بفكرة أن أفضل طريق لحل لغز التوازي هو اللجوء إلى البرهان بالخلف ، أى بافتراض أن البديهية غير صحيحة واستنتاج نتائج غير مقبولة . ولما فعل هذا كشف في الحقيقة عن الهندسة اللاإقليدية ، وأثبت أن هناك ثلاثة أنواع من الهندسة بحسب كون مجموع زوايا المثلث أكبر من ، أو يساوى ، أو أصغر من قائمتين . وافترض أن الخط المستقيم يمتد إلى ما لا نهاية له ، وبهذا القيد وجد أن النوع الأول من الهندسة ، وهو النوع الذى فيه مجموع زوايا المثلث أكبر من قائمتين مستحيل ؛ أما النوع الثالث ، والذى فيه مجموع زوايا المثلث أصغر من قائمتين ، فقد وجد أنه فيه يوجد مستقيمان يتقاربان من بعضهما إلى ما لا نهاية له ، ولا يتقاطعان ، وهى خاصة ظن أنها غير مقبولة ؛ وبذلك لم يبق أمامه إلا النوع الثانى الذى فيه مجموع زوايا المثلث يساوى قائمتين ، وهو الذى يؤدى إلى هندسة أقليدس . ثم جاء جون بولياى ولوبا شفسكى فى أوائل القرن التاسع عشر وأثبتا أن النوع الثالث هو نظام منطقي بديل لنظام أقليدس وأسميا هذا النوع من الهندسة بالهندسة الزائدة ، وفيها نوع جديد من التوازي . ولقد ثارت معارضة شديدة لقبول هذا النوع الجديد من الهندسة بحجة أن الواقع من رسم أى مثلث يخالف ذلك . ولما كنا لا نستطيع رسم مثلث مساحته كمساحة الجمهورية العربية مثلاً ، ثم قياس زواياه ، وأقل من ذلك احتمالاً أن نستطيع رسم مثلث فى حجم المجموعة الشمسية أو أضلاعه تصل ما بين النجوم مثلاً ؛ لما كنا لا نستطيع ذلك ، فمن المحتمل أن نجد فى واقع الأمر أن هندسة الكون ليست أقليدية بالضرورة .

ابن أحمد العمراني ، وأحد غلمانه أبو الصقر القبيصي ،
ويقرأ عليه المحسطن في زماننا .

وذكر ابن النديم في كتابه أيضاً أن لأقليدس كتباً
أخرى غير كتاب «أصول الهندسة» منها : كتاب
الظواهرات ، كتاب اختلاف المناظر ، كتاب المعطيات
كتاب النغم ، كتاب القسمة ، كتاب الفوائد ، كتاب
القانون ، كتاب الثقل والخفة ، كتاب التركيب ،
كتاب التحليل .

وقد ظن بعض كتاب العرب أن كتاب أصول
الهندسة لم يكن من وضع أقليدس نفسه ، وأن الكتاب
كان لغيره ، وكان عمل أقليدس هو تهذيب وتفسير
ما احتواه الكتاب ، إذ جاء في كتاب كشف الظنون
أنه ورد في شرح الأشكال للفاضل قاضي زادة الرومي ،
« أن بعض ملوك اليونان مال إلى تحصيل ذلك الكتاب
(الأصول) ، فاستعصى عليه حله ، فأخذ يتوسم أخبار
الكتاب من كل وارد عليه ، فأخبره بعضهم بأن في
بلدة صور رجلاً مبرزاً في علمي الهندسة والحساب ،
يقال له أقليدس ، فطلبه واتمس منه تهذيب الكتاب
وترتيبه ، فرتبه وهذبه ، فاشتهر باسمه بحيث إذا قيل
كتاب أقليدس يفهم منه هذا الكتاب دون غيره من
الكتب المنسوبة إليه » .

كما ورد في رسالة الكندي في أغراض كتاب
أقليدس أن « هذا الكتاب ألفه رجل يقال له أبلونيوس
النجار ، وأنه رسمه خمسة عشر قولاً ، فلما تقادم عهده ،
تحرك بعض ملوك الإسكندرانيين لطلب الهندسة ،
وكان على عهده أقليدس ، فأمره باصلاحه وتفسيره
ففعل وفسر منه ثلاث عشرة مقالة ، فنسبت إليه ، ثم
وجد اسقلاوس ، تلميذ أقليدس ، مقاتلين وهما الرابعة
عشرة والخامسة عشرة فأهداهما إلى الملك ، فأضيفتا
إلى الكتاب » .

غير أنه من المؤكد أن كتاب الأصول كان من
الأعمال الرئيسية لأقليدس ، وأن كان قد ضمنه

نظريات بعض من سبقوه من فلاسفة الإغريق الرياضيين
وذلك بعد أن أكملها واستوفى براهينها .

وتجمع كتابات العرب على أن جماعة منهم نقلوا
كتاب أقليدس من الإغريقية إلى العربية . ويبدو أن
أول من ترجم الكتاب إلى العربية هو الحجاج بن يوسف
ابن مطر الذي ترجمه مرتين ، وأسمى الأولى الهاروني
نسبة إلى هارون ، وأسمى الثانية المأموني ، نسبة إلى
المأمون ، ويوجد الآن نسخة من المخطوط الثاني في
مكتبة ليدن ، وقد جاء في مقدمتها أنه أثناء خلافة هارون
الرشيد ، أمر يحيى بن خالد البرمكي الحجاج بترجمتها
إلى العربية . ولما تولى المأمون الخلافة رأى الحجاج أن
ينال الحظوة عند الخليفة ، فأخرج ترجمة أخرى
للأصول نحا فيها نحواً جديداً ، فأصلح ما فيها من خلل
وشرح ما يحتاج إلى شرح .

وليس هناك من شك في أن اسحق بن حنين قام
بترجمة الأصول مرة أخرى من الأغريقية ، ويذكر
صاحب الفهرست ، أن ثابت بن قرة أصلح هذه الترجمة
وحسن فيها ، كما يذكر أن أبا عثمان الدمشقي ترجم
بعض أجزاء الكتاب .

ويتفق الكثيرون على أن أشهر النسخ المنقولة إلى
العربية من كتاب أقليدس ، هما نسختا ثابت والحجاج ،
وتلا ذلك قيام كثير من علماء العرب بشرح الكتاب
وتفسيره والتعليق عليه مثل : الزيدى ، والجوهري ،
والهاماني ، وأبو حفص الحارث الخراساني ، وأبو الوفا
الجوزجاني ، وأبو القاسم الأنطاسي ، وأحمد بن محمد
الكرائسي ، وأبو يوسف الرازي ، والقاضي أبو محمد
ابن عبد الباقي البغدادي الشهير بقاضي مارستان ،
وأبو علي الحسن بن الحسين بن الهيثم البصري ، وأبو
جعفر الخازن ، وأبو داود سليمان بن عتبة ، وغيرهم
كثيرون .

كما تناول أيضاً كثير من المتأخرين من كتاب
العرب وعلمائهم ، تحرير الكتاب متصرفين فيه إيجازاً

وضبطاً ، وإيضاحاً وبسطاً ؛ ولعل أشهرهم في ذلك نصير الدين بن محمد بن محمد الطوسي ، المولود في طوس ، من أعمال خراسان عام ١٢٠١ والمتوفى في بغداد عام ١٢٧٤ ميلادية . وقد جاء في الديباجة التي قدم بها نصير الدين الطوسي كتابه الذي أسماه « تحرير أصول لأوقليدس » ما يلي :

« وكان كتاب الأصول الذي يقال له الاستقصى لتحليل ساير العلوم الرياضية إليه في سالف الأيام مرتباً على خمس عشرة مقالة ، فال بعض ملوك اليونان إلى حله ، فاستعصى عليه ، فأخذ يتنسم أخبار الكتاب من كل وارد من أهل العلم عليه ، فأشار بعضهم إلى رجل في بلد الصور يقال له أفليدس ، أنه مبرز في علم الهندسة والحساب ، فطلبه الملك وأمره بهذيب الكتاب وترتيبه فهذبه ورتبه على ثلاث عشرة مقالة ، واشهر الكتاب باسمه ؛ وحذف المقالتين الأخيرتين لأن مسألتها كانت من المقدمات التي يتوقف عليها براهين نسب المجسمات المذكورة في المقالة الثالثة عشرة ، وكيفية رسم الأشكال المذكورة فيها بعضها في بعض ، وكانت كلها تستبين منها ومن غيرها من المقالات المقدمة عليها . وكان الكتاب موضوعاً لأن يوضع فيه الأصول دون الفروع إذ هي غير متناهية ، ولذلك عدت قضايا لم تتبين إلا في هذا العلم من الأصول الموضوعية . . . واشهر من النسخ المتقولة نسختان بين علماء هذه الصناعة ، إحداهما هي التي أصلحها ثابت بن قررة الحراني ، والأخرى هي التي نقلها وأصلحها حجاج بن مطر . ثم أخذ في تهذيب الكتاب جماعة كثيرة من المتأخرين طلباً للإيجاز والإيضاح ؛ فحذف بعضهم دعاوى أشكال الكتاب وقنع بالثال ، وبعضهم حذف بعض مسأله اعتقاداً منه بأنه معلوم من باقي الكتاب ، وبعضهم جمع أشكالاً عدة في شكل واحد ، وبعضهم استخرج من القوة إلى الفعل بعض ما أهمله أفليدس مما يتوقف عليه براهين أشكال الكتاب ، اعتماداً على أذهان من يحاول حله ،

ومراعاة لطريقته في هذا الكتاب ، وبعضهم أشار إلى عدد الأشكال المتقدمة مما يتوقف عليه براهين الأشكال المتأخرة بالرقوم من حروف أبجد ، فجعل بعضهم الحروف في متن الكتاب ، وبعضهم كتبها على الحواشي وفي أثناء السطور ، فلما تداولته الأيدي صحفت الحروف التي كانت في المتن ، وتركت التي كانت على الحواشي ، وفي أثناء السطور . وكان الكتاب من الكتب المحتاجة إلى التفسير والإيضاح ليسهل بذلك على الطلبة الانتفاع به ، ثم أتى لما تأملت فيما حكيت ، قوى عزمي على أن أرتب الكتاب على ثلاث عشرة مقالة كما فعله أفليدس وأسلك فيه طريقة جامعة بين المتن والشرح ، وأستخرج جميع ما هو بالقوة إلى الفعل مما يتوقف عليه براهين أشكاله ، وأفضل مقدماتها بعضها عن البعض على ترتيب صناعي ، وأنبه على اختلاف وقوع كل شكل له اختلاف وقوع ، وعلى الاستبانة إن كانت ، وأميز عنها مسأله المقالتين الأخيرتين بالإشارة إليهما . . . » .

ويتضح من هذه الديباجة أن عمل الطوسي لم يكن ترجمة الأصول من الإغريقية ، ولكنه أعاد كتابتها بالطريقة التي أوضحها معتمداً على الترجمات العربية التي كانت موجودة حينذاك .

وقد ألف نصير الدين الطوسي كتاباً أخرى غير هذا الكتاب يتصل بعضها من قريب أو بعيد بكتاب الأصول لأفليدس ، مثل كتابه « تحرير المجسطي » و « مئة مسألة وخمس من أصول أفليدس » و « شكل القطاع » و « المتوسطات الهندسية » و « المخروطات » .

من كل ذلك يتضح جلياً أن كثيراً من علماء المسلمين عنوا بالبحث في كتاب أفليدس في الهندسة ، وشارك في هذا القدامى والمحدثون منهم ، وقد قاموا بترجمته ونشره وإصلاحه وتفسيره والتعليق عليه ، ولعل ثابت بن قررة قد فطن إلى نقطة الضعف في بديهية

التوازي كما ذكرها أفليدس ، فحاول اصلاح هذه البديهية ، أو استنتاجها من غيرها من البديهيات .
ومما هو جدير بالذكر أيضاً أن بعض الكتاب الغربيين يقولون : إن كتاب الأصول لأفليدس وصل إليهم عن طريق العرب . وفي ذلك تقول دائرة المعارف الأمريكية :

« وقد وصلت إلينا أصول أفليدس من العرب عن طريق غير مباشر من الترجمات العديدة التي قاموا بها والتي لم تطبع منها إلا إحدى التراجم التي تمت في القرن الثالث عشر ، وكان طبعها في روما سنة ١٥٩٤ م .
ويقال أن أول من قام بإعادة ترجمة الأصول من العربية إلى اليونانية هو Adelard of Bath في القرن الثاني عشر . وقد كانت هذه الترجمة أساساً للطبعة اليونانية الأولى التي حررها Companus of Novara (فينسيا ١٤٨٢) ، ومع كل فلا يعتمد على هذه الطبعة إلى حد كبير . »

طبيعة الهندسة الإقليدية

ولا شك أن الهندسة الإقليدية تعبر بدرجة كبيرة من الدقة عن كثير من خصائص عالمنا الواقعي وتعكس معظم آرائنا عنه ، ومنها اشتقت فكرتنا عن الفراغ الهندسي (المكان الهندسي) ، فالفراغ الهندسي هو كل ما اجتمع من النقط الهندسية التي تتكون منها المستويات والخطوط والكرات . . . وهلم جرا .
ويمكن تصور ذلك على أنه وحدة يرمز لها بحد مفرد .
ومن المهم أن نفرق بين الفراغ الهندسي ، والفراغ الفيزيائي الذي يتركب من أنواع ثلاثة هي ؛ فراغ ما وراء السدم ، والفراغ الكبير ، والفراغ المجهرى .
أما الفراغ الهندسي فلا يعدو كونه قاعدة متخيلة للعلاقات الهندسية الصحيحة على وجه التقريب في الفراغ الفيزيائي الكبير ، ولا وجود لهذا الفراغ الهندسي إلا في تخيلة عالم الهندسة ، ومع ذلك فقد لعب

هذا الفراغ دوراً هاماً في تكوين صورة الفراغ الفيزيائي ، ذلك لأنه أصل تولد من مقارنة القياسات التي أجريت في العالم الواقعي ، ثم انعكست مرة أخرى على الطبيعة على الطبيعة فأوضحت صورة مقبولة للحقيقة .

وفي رأى نيوتن أن الفراغ المطلق ، بطبيعته ذاتها وبدون نظر لأي موثر خارجي ، يبقى دائماً متشاهماً دون حركة ، وجميع الأشياء موضوعة في الفراغ بالنسبة لترتيب مكانها . بمعنى أن الأرض والأجرام السماوية لها مكانها في وعاء لا حركة له ، ولا حدود له ، وله وجود ، وكان هذا هو حاله ، بصرف النظر عن وجود العقول التي تدركه أو عدم وجودها ، وبصرف النظر عن أنه مشغول في مكان منه أو غير مشغول . وهو مسرح كل ما يحدث في الكون المادي .
وإذا أخذنا لحظة من الزمان فكل جسم مادي يشغل مكاناً في هذا الفراغ مع احتمال أن يتغير من موضع لآخر ، وهذا الفراغ لانهائي في الحجم ، منتظم الصفات متصل النسج ، هندسته أفليدية . ومن واجبات عالم الطبيعة أن يفسر جميع الظواهر بدلالة حركات الجسيمات الموضوعة في هذا الفراغ وفعل بعضها على بعض .

ومن المسلم به أنه بالرياضة يمكن حساب كثير من حوادث الطبيعة قبل وقوعها ، ذلك أن للكون نظاماً مستقراً يتبعه سير تلك الحوادث ، وأن المثل الأعلى للعلم أن يجد من القوانين والمعادلات الرياضية ما يمكننا من التنبؤ بأي حادث قبل وقوعه في الكون الفيزيائي الخارجي ، كالتنبؤ بكسوف الشمس أو خسوف القمر أو هبوب الرياح أو سقوط المطر . . إلى غير ذلك من الظواهر .

ومن المسلم به أيضاً أن كل فرع من فروع الرياضة يبنى على مجموعة من التعاريف والفروض ، والسؤال الآن هو : ما هي المعطيات أو المسلمات الأساسية التي منها يمكن رياضياً استنتاج جميع قوانين الكون المادي ؟

كل عام إلى إعادة تقسيم الأرض ، وتعيين مساحتها ووضع حدودها. وهذه المرحلة في علم الهندسة كالمرحلة الأولى التي يستخدمها المدرس في تعويد التلاميذ رسم الأشكال ، وقياس المسافات والزوايا ، وتحقيق العلاقات قبل استنتاج أى من هذا نظرياً .

ولما جاء الفيثاغوريون وأثبتوا الصلة المنطقية بين النظريات الهندسية المختلفة ساد الاعتقاد بأنه من المستطاع إحكام جميع الهندسة في سلسلة من الاستنتاجات يحصل عليها بالتفكير القياسي من عدد صغير من المقدمات ، وأصبح السؤال هو : من أين يمكن اشتقاق تلك المقدمات ؟

وقال أقليدس : أنه من الممكن إثبات جميع نتائج الهندسة كنتائج منطقية لعدد قليل من البديهيات والمسلمات التي نسلم بها بالحدس والإلهام .

وهل هذه المعطيات أو المسلمات مما وصلنا إليه عن طريق الحواس بالتجربة والمشاهدة ؟ أم هي واضحة بذاتها ، كشفنا عنها بالحدس والإلهام ؟

وقد أدرك الأغريق القدماء هذه المشكلة الفلسفية الأساسية وبحثوا في أمرها ، وجاء حكمهم عليها في الطريقة التي عالجوا بها الهندسة ، والهندسة بحكم أنها علم العلاقات المكانية في العالم الخارجي ، هي أساساً جزء من الفلسفة الطبيعية . ومما لا شك فيه أن كثيراً من الحقائق الهندسية قد اشتق من المشاهدة ، وفي رواية أن طاليس قد اقتنع بأن الزاوية المرسومة في نصف دائرة هي قائمة دائماً ، وذلك حينما تطلع إلى المستطيلات المرسومة داخل دوائر على جذران المعبد . كما روى هيرودوت : أن المصريين القدماء تعلموا كثيراً من الحقائق الهندسية حينما كانوا يضطرون عقب الفيضان