

## الفصل العشرون

### الرياضة والفلك والطبيعة في عصر أرسطو

١ - الرياضة :

أرسطو الرياضي :

قضى أرسطو عشرين سنة في الأكاديمية أو متصلاً بها عن كتب ، فلم يكن له بد من أن يكون رياضياً . ولم يكن محترفاً كيودكسوس أو مينانجموس أو ثيوديروس ، ولا هاوياً كأفلاطون . ولنا على ذلك دليلان ، إيجابي وهو مجموع تحقیقاته الرياضية<sup>(١)</sup> ، وسلبی وهو زهده في المعميات والأباطيل التي حطت من قدر تفكير أفلاطون . ولقد كان درباً بالرياضيات ، وإن تخلف بعض الشيء عن مستواها في عصره ، وجنح إلى تجنب الصعاب الفنية . وربما كان على علم بآراء يودكسوس ، ولكنه كان أقل إلاماً بآراء غير يودكسوس من معاصريه ، أمثال مينانجموس . وكثيراً ما يشير إلى الكميات التي لا يتسنى قياس بعضها ببعض . والمثل الوحيد الذي ذكره هو أبسط الأمثلة ، وهو أهمية قطر المربع بالنسبة لضلعه .

كان أرسطو أولاً وبالذات فيلسوفاً ، وكان في علمه بالرياضة ما فيه الكفاية للفيلسوف . وهو - إذا اعتبرنا جميع نواحيه - أحد الرياضيين العظماء بين الفلاسفة ، لم يزه سوى ديكارت وليبنتز وأغلب أمثله للطريقة العلمية مستمد من خبرته الرياضية .

وأرسطو في ترتيبه للعلوم يعد أدقها أقربها إلى المبادئ الأولى . وعلى هذا الأساس جعل الرياضيات أولاً ، وجعل الحساب قبل الهندسة<sup>(٢)</sup> . وكان كأفلاطون يميل إلى المعرفة لذاتها ، وإلى تدبر الحقيقة لا تطبيقها . ثم كان

يعنى بالكليات أكثر مما يعنى بالجزئيات ، وبمعرفة الأسباب العامة ، أكثر مما يعنى بكثرة المسببات .

ولقد ميز بين البديهيات ( المشتركة بين كل العلوم ) والمسلمات ( الخاصة بكل علم على حدة ) . ومن أمثلة البديهيات أو التواعد المشتركة « قانون اطراح الوسط » ( الشئ لا يكون إلا مقبولاً أو مردوداً ) و « قانون التناقض » ( الشئ لا يكون موجوداً ومعدوماً في آن واحد ) و « إذا طرحت أشياء متساوية من أشياء متساوية فلا بد أن يكون الناتج متساوياً » . أما التعاريف فيجب أن تكون مفهومة ، وليس من الضروري أن تتعرض لوجود الشئ المعروف أو عدم وجوده فيجب في الحساب أن نفرض وجود الوحدة أو « الموناد » monad . وفي الهندسة وجود النقطة والخط . أما الأشياء الأكثر تعقداً ، مثل المثلثات والمماسات . فيجب أن يبرهن وجودها ، وأفضل البراهين إنشاؤها بالفعل .

وأعظم خدمات أرسطو في الرياضيات بحوثه الخدرة في الاستمرار واللانهاية . وعنده أن اللانهاية لا توجد إلا بالقوة ، ولا توجد بالفعل . وآراؤه في هذه المسائل الأساسية – بعد أن شرحها وأضاف إليها كل من أرشميدس وأبولونيوس – هي أساس علم التكامل الذي كشفه في القرن السابع عشر فرما . وجون وايس . وليبنتر وإسحق بارو ، وإسحق نيوتن (وهذا عكس البحث المفكك الذي قام به كبلر وكفاليري<sup>(٣)</sup> عند معالجتهما الكميات التي زعموها لانهاية الصغر) . وهذا فضل كبير لأرسطو ، من الإنصاف أن نقرره هنا دفعا لما يذاع من أن أفلاطون أعلم بالرياضة من أرسطو ، وهو ظلم بين . ولا سبيل إلى التوسع في إثبات هذا الفضل لأرسطو في كتابنا هذا وهو موضوع لغير الرياضيين . ولقد كان أرسطو متيناً ثباتاً ، غير أنه لم يكن خلافاً . أما أفلاطون فكان خلافاً وإن لم يكن متيناً ولا ثباتاً . وأرسطو ومعاصروه هم واضعو خير أساس للأعمال الجيدة التي قام بها من بعدهم أقليدس وأرشميدس وأبولونيوس . أما أفلاطون ففتن الذين اقتندوا به فكان عوناً على بث الحماقات في الحساب والهندسة ، وجر الناس إلى غير ذلك من الأباطيل . كان أرسطو المعلم الأمين ، أما أفلاطون فكان الساحر الفاتن ، كان الزمار

الأبلىق the Pied Piper، فلا غرو أن كان أكثر أتباعاً . ومع ذلك يجب ألا ننسى ما لأفلاطون من الفضل على كثير من كبار الرياضيين ، فهو الذى حجب إليهم الرياضيات ، ولكنهم لم يتبعوه فى غير ذلك ، بل أنقذتهم عبقرتهم من أخطائه .

### سپويسپوس الأثينى : Speusippus of Athens

لنترك الآن أرسطو والليكيوم ، ونعد إلى الأكاديمية . يجب دائماً ألا ننسى أن الدراسات الرياضية كانت محببة إلى أهل أثينا . وكانت قائمة فى المدرستين . ولعلها كانت تؤدى فيهما فى جو من المنافسة الودية . وأغلب الظن أن يكون جل الدراسات الرياضية فى الأكاديمية . فلقد خلف أفلاطون فى رياستها سپويسپوس وكرينوكراتيس . ويقول بروكلوس<sup>(٤)</sup> إن الأخوين مينايخموس ودينوستراتوس كانا صديقين لأفلاطون وتلميذين ليودكسوس . وكتب ثيودوروس المجهز كتاباً يدرس فى الأكاديمية . أما يوديموس الرودسى ، وهو الذى يقتبس منه على أنه من تلامذة أرسطو وثيوفراستوس . فلا مفر من نسبه لليكيوم . على أنه لا سبيل إلى الجزم بشيء فى هذه الأمور ، فإننا نعرف رؤساء المعهدين (أو نعرف بعضهم على أقل تقدير) أما الطلبة فلم توضع قط قوائم بأسمائهم ، وربما كان حضورهم على غير نظام مستقر . ففلان يذكر على أنه تلميذ لأفلاطون أو لأرسطو ، لا على أنه من طلبة الأكاديمية أو من طلبة الليكيوم .

وفى سنة ٣٤٨ - ٤٧ خلف أفلاطون فى رئاسة الأكاديمية ابن أخيه (أو ابن أخته) سپويسپوس . وتدل الشذرات الباقية من مؤلفه « فى الأعداد الفيثاغورية على أنه استمد كتابه هذا من فيلولاوس ، وأن موضوعه الأعداد المضلعية والأعداد الأولية إزاء الأعداد المركبة ، والحجسام المنتظمة الخمسة

كرينوكراتيس الخلقدونى<sup>(٥)</sup> :

لما مات سپويسپوس جرى انتخاب لاختيار رئيس جديد للأكاديمية . فكانت تنسوى الأصوات التى نالها كل من هيرا كليدس البونتى وكرينوكراتيس الخلقدونى ، وكانت النتيجة فوز كرينوكراتيس ، فرأس الأكاديمية وظل رئيساً لها خمساً وعشرين

سنة (٣٣٩ - ٣١٥) . ويلاحظ أن أرسطو وهيرا كليوبس وكزينوكراتيس كانوا جميعاً من أهل البقاع الشمالية ، وأن الرئيس الحديد كان صديقاً لأرسطو ، ويتردد ذكره في مؤلفاته . ومن هنا يجب أن نفترض أن كرينوكراتيس كان على بينة من المذاهب الرياضية لكل من أرسطو وأفلاطون . وجرى على ما جرى عليه أفلاطون من رد طالبي الالتحاق بالأكاديمية الذين ينقصهم العلم بالهندسة ، حتى يروى إنه قال لأحدهم : انصرف فإنك لا تملك وسيلة بها تستطيع التمكن من الفلسفة<sup>(٦)</sup> . ولا نرى ما يمنع من أن تكون هذه القصة صحيحة .

ولكزينوكراتس رسائل كثيرة ضاعت كلها ، ويبدو من عناوينها أن بعضها كان موضوعه الأعداد والهندسة<sup>(٧)</sup> ، وأن الخلاف القديم في مسألة الاتصال - وهو الخلاف الذي صور أبداع تصوير في مناقضات زينون - قد ساقه إلى فكرة الخطوط غير القابلة للانقسام . ولقد حسب عدد المقاطع التي يمكن أن تتكون من الحروف الأبجدية ( هذا العدد - على رواية بلوتارخ - هو . . . . ر . . . ٢ . . . ١ ) وهذه أقدم مسألة معروفة عن التحليل التوافقي<sup>(٨)</sup> . ومما يحزن أنا لم نوفق لأن نعرف من أعماله غير هذا القدر الضئيل الذي ذكرناه .

#### مينايخموس : Menaichmos

مينايخموس ودينوستراتوس أخوان لا نعرف من أمرهما سوى ما جاء في فقرة قصيرة من شرح بروكلوس على الكتاب الأول من أصول إقليدس حيث يقول : « لقد جعل الهندسة إلى الكمال أقرب كل من أميكلاس الهرقلي . أخذ أصدقاء أفلاطون ، ومينايخموس الذي تتلمذ ليودكسوس وأخذ عن أفلاطون . وأخوه دينوستراتوس »<sup>(٩)</sup> .

ولا ندرى أين ولد الأخوان . ولا متى ولدا . ولكننا نعلم أنهم أقاما في أثينا . والتحقا بالأكاديمية ، وسما من أفلاطون ثم من يودكسوس . فلنا أن نستخلص أنه كانت لهما مكانة معروفة حوالي منتصف القرن .

ولقد اهتموا معاً بإنشاء التركيب الهندسي ، وكان مينا يخموس مولعاً بالمشكلة

القديمة، مشكلة تضعيف المكعب، هذه المشكلة التي أوجزها أبقراط الخيوسى ( فى القرن الخامس قبل الميلاد) فى إيجاد وسطين هندسيين بين مستقيم وآخر ضعفه ، ومعنى ذلك بالاصطلاح الحديث أن أبقراط اختصر حل معادلة تكعيبية فجعله حل معادلتين تربيعيتين . فكيف يتسنى حلّ هاتين المعادلتين ؟ وجد مينايخموس طريقتين لحلّهما بواسطة تقاطع قطعين مخروطين ، قطعين مكافئين فى الحالة الأولى ، ثم قطع مكافئ وقطع زائد قائم فى الحالة الثانية .

ذلك أول ظهور القطوع المخروطية. ولمينايخموس يعزى كشف هذه المنحنيات. وطريقته فى إنشاء هذه القطوع غريبة فى نظرنا ، فقد تصور مستويًا يقطع مخروطاً دائرياً قائماً بحيث يكون عمودياً مع أحد الرواسم. ويمكن الحصول على القطوع الثلاثة المختلفة ( ويظهر أنه فرق بينها) بزيادة زاوية رأس المخروط (١١). وما دامت الزاوية حادة فالقطع الناشئ قطع ناقص . فإذا صارت قائمة كان القطع مكافئاً، وإذا صارت منفرجة أمكن الحصول على فرعى القطع الزائد. ويظن نويجباور Neugebauer أن مينايخموس ربما وصل إلى كشفه هذا عن طريق استعمال المزاويل (١١) . فإذا صح حدسه ( وهو عندى مقبول) فإنه من الغريب أن هذه المنحنيات . وهى من أصل فلكى ، لم تدخل النظرية الفلكية إلا بعد زهاء ألفين من السنين . فقد كشفها مينايخموس ( حوالى سنة ٣٥٠ ق م .) من أرصاده الشمسية ، ولكنها لم تستخدم فى إيضاح المجموعة الشمسية إلا فى زمن كبلر (١٦٠٩) .

سأل الإسكندر الأكبر مينايخموس أهنك طريق مختصر إلى تعلم الهندسة؟ فكان جوابه : أيها الملك . إن للسفر فى أنحاء البلاد طرقاً ملكية وطرقاً للجمهور . ولكن لا يوجد فى الهندسة غير طريق واحد يسلكه الناس جميعاً (١٢) . هذه قصة مشهورة . نسبت إلى إقليدس وبطلميوس كما نسبت إلى مينايخموس : وهى به أليق ، فهو أقدمهم ، والسؤال بالإسكندر أشبه ، لما بعث فيه أرسطو من طموح إلى العلم . لقد خلق الإسكندر عجولا ، فكان لا بد له من أن يعرف أن تحصيل العلم الحق ربما احتيج فيه إلى زمن أطول من الزمن اللازم لفتح العالم .

## دينوستراتوس : Deinostratos

بيننا من قبل ( ص ٢١١ - ٤١١ - ج ٢ ) أن التفكير الهندسي نشط في القرن الخامس بظهور معضلات ثلاث : ١ - تربيع الدائرة ، ٢ - تقسيم الزاوية لثلاثة أقسام ، ٣ - تضعيف المكعب . وكانت عناية أبقراط الخيوسى وميناخموس بالمعضلة الثالثة خاصة . ووفق هيباس الأيلى إلى حل بديع للمعضلة الثانية باستخدامه المنحنى التربيعى ، وهو منحنى اخترعه هو : وأطلق عليه اسم التربيعى لأن دينوستراتوس أخا ميناخموس استعمله في حل المشكلة الأولى . فأنت ترى أن هذه المعضلات الشهيرة الثلاث كانت حتى القرن الرابع لا تزال تجهد أذهان علماء الهندسة في الأكاديمية وتجعلهم يتوسعون في علمهم .

## ثيوديس المجنيزى : Theudios of Magnesia

يقول بروكلوس : برع ثيوديس المجنيزى في الرياضيات وفي غير الرياضيات من شعب الفلسفة وقد رتب الأصول ترتيباً جميلاً ، وعم كثيراً من النظريات الجزئية (١٣) .

هذه العبارة على إيجازها لها دلالتها ، إذ يستشف منها وجود كتاب لدراسة الهندسة في الأكاديمية هو « الأصول » . ومن رياضيتى هذا العصر من كانوا يحنون إلى الكشف عن جديد ، ومنهم من كانوا يحنون إلى التجميع والتنسيق . ويشبه الفريق الأول المغامرين أو الغزاة ، أما الفريق الثانى فأشبهه بالمستعمرين . والترعتان متلازمتان دائماً ، ولا غنى عنهما في عصور النهضة الرياضية السليمة ، فلا بد في إبان النهضة من ضغط مستمر ابتغاء التوسع في الخارج يصحبه تنظيم حسن في الداخل . والمفهوم من عبارة بروكلوس أن ثيوديس نسق المعلومات الهندسية التى استنبطها من سبقوه تنسيقاً هو غاية في المتانة وجمال الخط المنطقى ، وبذا مهد السبيل لإقليدس ويسر له إنجاز عمله الجليل .

## يوديموس الرودى : Eudemos

كان يوديموس تلميذ أرسطو وصديق ثيوفراستوس . فلنا أن نذهب إلى أنه

كان في الربع الثالث من القرن عالماً له مكانته ، وأنه كان من رجال الليكيوم . وقد نقل عنه بروكلوس في أربعة مواضع من شرحه على الباب الأول من كتاب إقليدس ، وسماه يوديموس المشاء <sup>(١٤)</sup> . ومن المؤلفات المعزوة إليه ، وقد فقدت ، تواريخ الحساب والهندسة والفلك . فهو أول مؤرخ للعلوم <sup>(١٥)</sup> . ومع أنه لم يبق من مؤلفاته غير نبد متفرقة فلا نعدو الصواب إذا قررنا أن مؤلفاته هي المنبع الأكبر الذي منه استقينما ما وصل إلينا من معلومات عن الرياضيات قبل إقليدس . ومن أجل تلك النبد النبذة الخاصة بتربيع الأهله الذي قام به أبقراط الخيوسى ، وقد تكلمنا فيه من قبل .

وظهور مؤرخ للرياضة والفلك في هذا الزمن له مغزاه ، فهو يثبت أنه أنجزت في هذين الميدانين أعمال بلغت من الكثرة ما يجعل العرض التاريخي لها ضرورياً . فلنذكر مع الاعتراف بالجميل اسم أول مؤرخ للرياضيات ، ولنعدّ وجوده في أثينا حوالى سنة ٣٢٥ دليلاً جديداً على مجد اليونان <sup>(١٦)</sup> .

أريستاوس الكبير <sup>(١٧)</sup> . Aristaios the Elder :

هو خاتمة رياضيّ هذا القرن، وهو الصلة بين عصر أرسطو وعصر إقليدس ، وإليه يعزى كتابان على جانب كبير من الطرافة ، أحدهما في المجال الهندسية المجسمة المرتبطة بالقطعوع المخروطية . أى أنه كتاب في القطوع المخروطية باعتبارها مجال هندسية . فهو أسبق من كتاب إقليدس في هذا الموضوع <sup>(١٨)</sup> . وقد عرف القطوع المخروطية المختلفة كما عرفها مينايخ، وس بأنها قطعوع مخروطات ذوات زوايا حادة وقائمة ومنفرجة . أما الكتاب الآخر فهو « مقارنة الأشكال الخمسة » ويعنى المجسمات المنتظمة الخمسة . ومن بين ما برهن فيه النظرية المشهورة وهى أن دائرة واحدة تحيط بكل من الخمس ذى الاثنى عشر وجهاً والمثلث ذى العشرين وجهاً إذا رسم كل من المجسمين في دائرة واحدة <sup>(١٩)</sup> .

ما كان أجمل هذه النتيجة ، وما كان أبعد توقعها . فن ذا الذى كان يستطيع أن يدري أن أوجه مجسمين مختلفين تقع على أبعاد متساوية من الكرة  
تاريخ العلم

التي تحتويهما . إذن فهذان الجسمان – ذو العشرين وجهاً وذو الاثني عشر وجهاً – لهما خاصية ليست للمجسمات الثلاثة الأخرى . حقاً ما أجمل هذه النتيجة في صدقها إذا قورنت بأوهام أفلاطون ، في هذا الموضوع .

### الرياضيات في النصف الثاني من القرن الرابع :

لم يشهد النصف الثاني من القرن الرابع انقلاباً في التفكير الرياضي يشبه في خصبه ما قام به يودكسوس الكندي . ومع ذلك كان ما جدّ من الرياضيات في تلك الحقبة جليلاً حقاً . فرجال الليكيوم ، يتقدمهم أرسطو ، هذبوا التعاريف والبدهييات والأسس الفلسفية التي تقوم عليها . والعرض التاريخي الذي جاء به يوديموس يسر السبيل للقائمين بالتجميع والتنسيق . والأكاديمية واصلت في عهد سبويسيبوس وكرينوكراتيس بحوثها الهندسية المختلفة التي أفضت إلى تأليف «الأصول» لثيوديبوس . وكان الأخوان مينانخموس ودينوستراتوس ومثلهما أريستايوس هندسيين مبتكرين من الطراز الأول . ولمينانخموس وأريستايوس فضل السبق إلى البحث في القطوع المخروطية .

### الفلك

#### هيراكليديس البونتي :

هيراكليديس أكبر الفلكيين في العصر الذي نبحت فيه ، لا لمجرد أنه أكبرهم سنّاً ، بل لأنه كان فذاً بينهم ، ولو قبل أرسطو وكان مولده في هيراكليا بونتيكا (٢٠) حوالي سنة ٣٨٨ ق . م . وعاش حتى العقد التاسع من هذا القرن ( حوالي سنة ٣١٥ – ٣١٠ ) . ولقد سماه بعضهم « براسيلسوس العصر القديم » وهي تسمية لا قيمة لها ، لكنها ذات مغزى سواء أكانت مدحاً أم ذمّاً . وتشبهه برجل جاء بعده بسبعة عشر قرناً يؤدي إلى متاعب ما أغنانا عنها . والأولى تشبيهه بسلفه إمبادوكليس ، فهو الرجل الذي قدره هيراكليديس ولم يأل جهداً في السير على نهجه .

ولا نكاد نعرف من سيرته شيئاً سوى أنه كان من ذوى الثراء ، وأنه هاجر إلى أثينا، وتلمذ لأفلاطون وسبوسيبوس، ولعله تلقى عن أرسطو أيضاً. فلما مات سبوسيبوس سنة ٣٣٩ وخلفه كزينوكراتس، صديق أرسطو ، رجع هيراكليديس إلى بلده . وله مؤلفات كثيرة فى الفلسفة والميثولوجيا لقيت شيئاً من الراجح بين اليونان ، وراجت بين الرومان فى القرن الأخير قبل الميلاد . فثلاً أعجب به شيشرون . ويمكننا أن نتبين أثر هيراكليديس فيه من « حلم سكييو » (٢١) وكما، فعل أفلاطون من قبل فى أسطورة Er كتب هيراكليديس أسطوره Empedotimos (٢٢) تناول فيها بالبحث أسرار الآخرة ، وعنده أن مقرّ الأرواح بعد مفارقتها الأجساد هو الحجر ، كأنما كان يرى أن الأرواح نورانية .

وفى مثل هذه الخيالات الشعرية سر رواج آرائه ، غير أنها ليست مسوغ ثنائياً عليه فى هذا الكتاب. إنما نراه خلفاً روحياً لإمبادوكليس ، وهذا أمر جدير بالذكر لا بد من أن نقف عنده قليلاً لتتدبره . ذلك أن التفكير اليونانى لم يخل من نزعة لاعقلية سرت فيه قروناً ، من الفيثاجوريين إلى إمبادوكليس فأفلاطون فهيراكليديس ومن بعدهم. لكن هيراكليديس كانت له إلى جانب هذه النزعة اللاعقلية نزعات علمية ، ويجب أن نتكلم عنه بشيء من الإطالة بسبب نظرياته الفلكية التى جعلت منه أحد مرادى الأوائل للعلم الحديث .

وقبل أن نخوض فى الحديث عن الفلك عند هيراكليديس نقول كلمة عن علاقته بإمبادوكليس. يرى إمبادوكليس أن العوامل فى العالم العناصر الأربعة وقوتان متعارضتان هما التحاب والتنافر. أما هيراكليديس فيرى أن العالم مكون من جزئيات لا اتصال بينها ، خلافاً لنظرية الذرات فى مذهب ديموكريتوس ، وهى عنده ذات أشكال مختلفة وبعضها يلتصق ببعض . ولعل الجزئيات عند هيراكليديس تتماثل بواسطة نوع من التحاب الذى يذهب إليه إمبادوكليس (٢٣).

وعلم الفلك عند هيراكليديس أكثر تمشياً مع العقل من علم الكون عنده . وما كنا لتتوقع غير ذلك . ومن المحتمل أنه قد بلغته آراء هيكييتاس وكفانتوس ، وأنه اتفق معهما فى تلك الآراء ، وعلى أساسها هى وغيرها من الآراء الفيثاغورية

الأفلاطونية بسط نظريته ، وخلاصتها أن الكون لا نهائي ، وأن الأرض في وسط المجموعة الشمسية ، وأن الشمس والقمر والكواكب العليا تدور حول الأرض ، وأن الزهرة وعطارد ، وهما الكوكبان السفليان . يدوران حول الشمس ، وأن الأرض تدور يومياً على محورها ( هذه الدورة تحل محل الدورة اليومية للنجوم حول الأرض )<sup>(٢٤)</sup> . وقد لقيت هذه المجموعة الأرضية الشمسية رواجاً كبيراً ، غير أنها لم تدعم بالأرصاح حتى تستحق أن يقبلها رجال الفلك في زمن هيراكليديس لكن الفروض التي اشتملت عليها لم تندثر حتى بعثت على يد خالكليديوس ( في النصف الأول من القرن الرابع ) ومازكوبيوس ( في النصف الأول من القرن الخامس ) ومارتيانوس كابلا ( في النصف الثاني من القرن الخامس ) وجون سكونس أريجينيا ( في النصف الثاني من القرن التاسع ) ووليم الكونشوسى ( في النصف الأول من القرن الثاني عشر<sup>(٢٥)</sup> ) .

ومجموعة هيراكليديس إذا نظرنا إليها من وجهة النظر الحديثة توفيق بين مجموعة بطلميوس ( ومركزها الأرض ) ومجموعة كوبرنيكوس ( ومركزها الشمس ) . وقد غلا بعض المؤرخين فشهوا هيراكليديس من أجل ذلك بتيخو<sup>(٢٦)</sup> ، وهذا إسراف لأن التوفيق الذي قال به تيخوبراهة ( ١٥٨٨ . ونشر في ١٦٠٣ ) ونيكولاس ريمر ( ١٥٨٨ ) أعمق . ففيه أن جميع الكواكب - لا اثنين منها فقط - تدور حول الشمس . ومن الغريب أن اليسوعى جيوفانى باتستا رتشيولى في كتابه « المحسطى الحديث » الذي نشر بعد ذلك بنصف قرن ( بولونيا ١٦٥١ ) كان أدنى بعض الشيء إلى هيراكليديس . فقد سلم بدوران ثلاثة كواكب حول الشمس ، ودوران الكوكبين الأكثر بعداً ( المشترى وزحل ) حول الأرض<sup>(٢٧)</sup> .

لم يكن هيراكليديس مثل كوبرنيكوس ولا مثل براهة ، ومع ذلك ففكرته عن المجموعة الشمسية - على نقصها - غاية في الجودة بالنسبة لعصره .

## كالليوس الكيزوكي : Callippos of Cyzicos

وصل أرسطو وكالليوس ما انقطع من أعمال يودكسوس ، وكانا يعملان معاً في الايكسيوم . ويظهر أن كالليوس - وإن كان أصغر سنّاً من أرسطو - كان المقدّم في البحث الفلكي ، وهذا طبيعي لأن أرسطو اضطر إلى أن يشغل نفسه بالمعهد كله . وبالتعليم المنطقي والفلسفي ، فإذا نزعنا نفسه إلى بحوث خاصة به انصرف في أغلب الظن إلى البحث في علم الحيوان ، أو خصص له زمناً أطول .

لبث يودكسوس في كيزيكوس على بحر مرمره حينما بعد عودته من مصر ، وفي كيزيكوس أنشأ مدرسته . وكان مولد كالليوس في كيزيكوس حوالي سنة ٣٧٠ . ولعله في شبابه لقي يودكسوس . وسواء لقيه أم لم يلقه فقد بلغته لا محالة تعاليمه في الرياضيات والفلك . إما مباشرة أو من طريق أحد تلاميذه ، مثل بوليمارخوس الكيزيوكي وهو من أوائل نقاد نظرية الكرات المتحدة المركز<sup>(٢٨)</sup> . والذي لا شك في أنه تلميذ بوليمارخوس ، رحل معه إلى أثينا ، وفيها لازم أرسطو وعمل معه في تنقيح آراء يودكسوس وتكميلها<sup>(٢٩)</sup> . وربما كان قدوم كالليوس أثينا بعد بدء حكم الإسكندر (٣٣٦) وقبل بدء دورة كالليوس (٣٣٠) وينبئنا أرسطو<sup>(٣٠)</sup> أن كالليوس فطن لعيوب طريقة يودكسوس فحاول أن يزيلها بإضافة سبع كرات أخرى ، اثنتين لكل من الشمس والقمر ، وواحدة لكل من الكواكب الأخرى عدا زحل والمشتري . فالنظرية بعد ما هذبها كالليوس تستلزم ٣٣ كرتة متحدة المركز تدور كلها معاً ، وتدور كل منها حول محورها الخاص بها وبسرعتها الخاصة بها .

عنى كالليوس أيضاً بإصلاح التقويم ، ولم يكن أحد قد أقدم على تغيير ما استقر عليه التقويم في أثينا سنة ٤٣٣ على يد ميتون و يوكسيمون . وقد تمكن - باستخدام أرصاد أكثر دقة للانقلابين والاعتدالين - من تقرير مدد للفصول أقرب إلى الحقيقة . فقد وصل إلى أن مدتها - ابتداء من فصل الربيع - هي ٩٤ يوماً

و ٩٢ و ٨٩ و ٩٠ ، والخطأ في هذا التقدير يتراوح بين ٠,٨ و ٠,٤٤ من اليوم . وقد أدخل تحسيناً في الدورة الميتونية ذات التسعة عشر عاماً . بإسقاط يوم واحد من كل أربع دورات أى ٧٦ سنة . وربما يكون بدء الدورة الجديدة في ٢٩ يونية سنة ٣٣٠<sup>(٣١)</sup> . والمقارنة بين تقويم كالليوس ودورة ميتون تعطينا مقياساً للمدى تقدم الأرصاد الفلكية في قرن .

### أرسطو الفلكي :

آراء أرسطو في الفلك مبسطة في Metaphysics lambda وفي Physics وفي De caelo<sup>(٣٢)</sup> ثم في شرح سيمبلكيوس . وآراؤه تدل على أنه لم يؤمن بنظرية الكرات المتحدة المركز ، حتى بعد أن استوفاهها كالليوس . وفي ذلك يقول هيث : رأى أرسطو وهو ذو المنهج الواقعي ، أن لا بد من تحويل النظرية إلى عملية ميكانيكية . فاتخذ لذلك كرات مادية من أصداف ، بعضها داخل بعض ، ويعمل بعضها في بعض بطريقة آلية ، وقصد بذلك أن تكون لديه مجموعة واحدة من الكرات للشمس والقمر والكواكب ، بدل أن يكون لكل جرم سماوي مجموعة مستقلة خاصة به . واتخذ لهذا الغرض مجموعة من الكرات المتفاعلة بين مجموعات متتابعة من الكرات الأصلية . فإذا كان زحل مثلاً يتحرك بمجموعة من أربع كرات فهناك ثلاث كرات متفاعلة لتعادل الكرات الثلاث الأخيرة ، لكي يتسنى للكرة الخارجية أن تعمل كالكرة الأولى من الكرات الأربع المحدثه لحركة الكوكب الأذنئ - المشتري - وهلم جراً . كان في مجموعة كالليوس ٣٣ كرة ، فأضاف إليها أرسطو ٢٢ كرة متفاعلة ، فيكون الكل ٥٥ كرة . لكن هذا التغيير لم يترتب عليه تحسين في النظرية<sup>(٣٣)</sup> .

ذلك مثال من تفكير أرسطو . يهيم بإيضاح حركة الكواكب إيضاحاً ميكانيكياً ملموساً فيلجأ إلى تعقيد ما كان أغناه عنه . فهل كان أرسطو يؤمن بأن الكرات المتحدة المركز لها وجود حقيقة ؟ لا سبيل إلى معرفة ذلك على وجه اليقين . لكن تحويله الفكرة الهندسية إلى فكرة ميكانيكية يشعر بشيء من قبيل

هذا الإيمان . على أن هذا مثال طيب للخلاف الدائم بين التفسير الذى يقنع الرياضى والتفسير الذى يتطلبه الرجل العملى . وكثيراً ما تكون النزعة العملية هى السبب فى إخفاق أصحابها . وهذا شأن أرسطو فى الحالة التى نحن بصدددها .

ولما كان فصل آرائه الفلكية عن آرائه الطبيعية غير ميسور ، فلنسردهما جميعاً سرداً موجزاً: عند أرسطو أن هناك ثلاثة أنواع من الحركة فى الفضاء ، ١ - حركة مستقيمة ، ٢ - حركة دائرية ، ٣ - حركة مختلطة ، وأن الأجرام فى عالم ما تحت فلك القمر مكونة من العناصر الأربعة ، وأن هذه العناصر الأربعة من طبيعتها الحركة فى خطوط مستقيمة - الأرض إلى أسفل ، والنار إلى أعلى ، والماء والهواء بينهما ، لأن هذين أثقل وأخف بالإضافة إلى الأولين . فالترتيب الطبيعى للعناصر هو الأرض ، فالماء ، فالهواء ، فالنار . أما الأجرام العلوية فمكونة من مادة أخرى ليست عنصرية ، بل إلهية أو سامية علوية ، هى العنصر الخامس ، أو الأثير ، وحركته دائرية دائمة غير متغيرة .

والعالم كرى محدود ، كرى لأن الكرة أكمل الأشكال ، ومحدود لأن له مركزاً هو مركز الأرض ، وغير المحدود لا مركز له (٣٤) . ولا يوجد غير عالم واحد ، وهذا العالم الواحد كامل ليس وراءه شىء ، ولا الخلاء .

فهل هناك محرك لهذه الكرات ليس كمثل شىء ، محرك عال لا يحركه شىء ، ثم هو يحرك الكرات ويحرك كل ما عداها؟ ، لم يصل أرسطو إلى جواب يقينى لهذا السؤال الأساسى (٣٥) ، وكل ما وصل إليه فى كتابه De caelo أن المحرك الأول هو كرة النجوم الثوابت (وإن كانت هى متحركة) وإذن فهى المقدم الأعلى بين الأرباب (٣٦) ، ولكن فى كتابه Metaphysics lambda يذهب إلى أن وراء النجوم الثوابت محركاً لا يتحرك ، يؤثر فى كل الأجرام السماوية كما يؤثر الحب فىمن يجب . وهذا يتضمن أن الأجرام السماوية ليست إلهية فحسب ، وإنما هى حية وحساسة ، وفيه زيادة تأكيد وتوكيد لما نراه من أن الأوائل شابكوا بين الطبيعة والفلك وما بعد الطبيعة ، فتشابكت حتى تعذر على الإنسان أن يميز بعضها من بعض .

فإذا جئنا إلى بحث أرسطو في شكل الأرض ومقدارها وجدناه إلى الحقائق أدنى . فعنده أن الأرض كرية لا محالة لكي يتحقق التماثل والتوازن ، ثم إن العناصر التي تراكم عليها تأتيها من جميع نواحيها ، فلا بد لهذه المترامات من أن تكون على شكل كرة . زد على ذلك أن حافة الظل أثناء خسوف القمر مستديرة دائماً ، وإذا سار الإنسان شمالاً أو جنوباً تغير وضع نجوم السماء ، فتظهر نجوم لم يكن يراها من قبل ، وتختفي نجوم كان يراها . وكون تغير ضئيل في موضعنا (على خط الزوال) يؤدي إلى مثل هذا الاختلاف الكبير برهان على أن الأرض صغيرة بالإضافة إلى غيرها . وإليك ما يقول أرسطو في ذلك :

هناك تغير كبير ، أعنى في النجوم التي فوق رؤوسنا . وإذا سار الإنسان شمالاً أو جنوباً فإن النجوم التي تظهر له هي غير النجوم التي كان يراها من قبل ، والواقع أن بعض النجوم التي ترى في مصر وعلى مقربة من قبرص لا يمكن رؤيتها في الأقاليم الشمالية . والنجوم التي لا تغيب أبداً في الشمال تطلع وتغرب في البقاع الجنوبية . كل هذا دليل على أن الأرض مستديرة ، وعلى أنها كرة ليست كبيرة المقدار . ولولا أنها كذلك لما كان لهذا التغير الطفيف في المكان هذا الأثر العاجل . ومن ثم لا ينبغي أن نجاوز الحد في ردّ رأى القائلين بأن هناك اتصالاً بين الجهات المحيطة بعمودي هرقل *The Pillars of Hercules* (جبل طارق) والجهات التي حول الهند ، وبما يترتب على ذلك من أن المحيط واحد . وهؤلاء دليل آخر هو وجود القبلة في هذين الإقليمين مع بعد الشقة بينهما . فكأنهم يرون في اشتراك الإقليمين في هذه الخاصية دليلاً على اتصالهما . وتتضح كرية الأرض أيضاً مما قام به الرياضيون من محاولة حساب محيط الأرض . فقد وصلوا إلى أنه ٤٠٠٠٠٠ غلوة *Stades* . وهذا يبين أن كتلة الأرض كرية الشكل ، بل يبين أيضاً أنها صغيرة بالإضافة إلى النجوم (٣٧) .

وربما عني بالرياضيين الذين أشار إليهم يودكسوس وكالليبوس ، وتقديرهما

كما جاء في عبارة أرسطو هو أقدم تقدير لمقدار الأرض . نعم هذا التقدير مبالغ فيه ، لكنه تقدير عظيم (٣٨) . هذا وعبارة أرسطو هذه أول بذر نجمت عنه المحاولة الجريئة التي قام بها كريستوف كولب في سنة ١٤٩٢ .

والعمل الأكبر لعلماء الفلك في هذه الحقبة ، إن لم يكن لأرسطو بالذات ، هو تكملة نظرية الكرات المتحدة المركز . وفيه دلالة على وفرة الأرصاد الشمسية والقمرية والكوكبية لديهم . فأثنى ليودكسوس وكالديبوس وأرسطو هذه الوفرة من الأرصاد ؟ إنها من مصر ومن بابل .

ذكر سيمبليكوس في شرحه لكتاب De caelo أن لدى المصريين كنزاً من الأرصاد عن ٦٣٠,٠٠٠ سنة وأن البابليين جمعوا أرصاد ١٤٤٠,٠٠٠ سنة (٣٩) . ونقل سيمبليكوس عن بورفير يوس تقديراً متواضعاً ، حيث ذكر أن الأرصاد التي أرسلها كالليستينس من بابل بناء على طلب أرسطو كانت عن ٣١٠٠٠ سنة . وكل هذا إلى الخيال أقرب ، وإن كان من الثابت أنه كان في متناول الباحثين اليونان أرصاد شرقية لقرون عدة ، وأنها كانت كافية لأغراضهم ، وقد حصلوا عليها من مصر ومن بابل ، ولا يمكن أن يكونوا قد حصلوا عليها في بلادهم ، ففي بلادهم أثر رجال العلم أن ينقطعوا للبحث الفلسفي ، كل على طريقته ، ولم توجد قط على مر العصور هيئة ترى الدأب على جمع الأرصاد الفلكية . وما مبالغات سيمبليكوس إلا شهادة بقدوم علم الفلك عند المشاركة ، وباتصاله اتصالاً يدعو إلى الإعجاب .

ولنرجع إلى أرسطو فنقول إنه مع علمه بالفلك المصري والفلك البابلي لم تكن حاجته إلى أرصاد المصريين والبابليين ماسة كحاجة المحترفين أمثال يودكسوس وكالديبوس . ولكونه فيلسوفاً كان همه المسائل ذات الصبغة العامة التي لا تجدى فيها الأرصاد كثيراً . فتجد مثلاً في كتاب De caelo بحثاً في شكل السماوات وشكل النجوم ، ومادة النجوم والكواكب (وهي عنده الأثير) والتوافق الموسيقي المترتب على حركتها . قد يبدو كل ذلك سخفاً وحمقاً ، ولكن من الإنصاف لأرسطو ومعاصريه ألا ننسى أنه لم يكن بد من إثارة كثير من المعضلات

الباطلة والبحث فيها بحثاً لا طائل تحته قبل أن نستخلص ما يجدى مما لا يجدى .  
 حينها يسأل السؤال الحق تتقدم العلوم تقدماً هائلاً . والسؤال الصحيح يكاد  
 يكون نصف الحل . لكن الاهتداء إلى هذه الأسئلة الصحيحة من أول الأمر  
 لا يكاد يتوقع .

هذا وقد كان مصير الفلك الأرسطي فريداً . فنظرية الكرات المتحدة  
 المركز آلت إلى أن حل محلها نظريات الدوائر المتباعدة ، والدوائر التحتية ،  
 التي تبلورت في المجسطي لبطلميوس ( في النصف الأول من القرن الثاني ) . ثم  
 رجع بعض الفلكيين إلى رأى أرسطو حينما تبينت نواحي الضعف في المجسطي .  
 ومن ثم كان تاريخ الفلك في القرون الوسطى هو تاريخ الخلاف بين مذهب  
 بطلميوس ومذهب أرسطو . ولما كان مذهب أرسطو أكثر رجعية فقد ترتب على  
 رواجه بطء في تقدم الفلك (٤٠) .

#### أوتوليوكوس البيتانى Autolykos of Pitane :

لكي نكمل عرضنا للرياضة والفلك في هذا العصر الذهبي لا بد من أن  
 نتكلم عن رجل عظيم هو أجمل خاتمة لهذا العصر . ذلك هو أوتوليوكوس البيتانى .  
 ولد أوتوليوكوس في بيتان (٤١) في النصف الثاني من هذا القرن ، وربما يكون قد بلغ  
 المكانة المرموقة في السنين العشر الأخيرة من هذا القرن . وهو معاصر لإقليدس  
 أسن منه (٤٢) . فكأنه فترة الانتقال بين مدرسة الرياضة اليونانية العظيمة  
 ومدرسة الإسكندرية . ولا نكاد نعلم عن سيرته شيئاً ، بل ولا ندرى أين كان  
 بلوغه مكانته العلمية . فهل رحل إلى أثينا ؟ لو فعل لما شذ عن المؤلف . على  
 أن بيتان كانت بلدة فيها ثقافة ، وكانت مرفأً ممتازاً ، يقابل ليسبوس ، وهي  
 لا تبعد كثيراً عن أسوس حيث علم أرسطو . ونعلم أن أوتوليوكوس كان أستاذاً  
 مواطن له هو أرسيسلاوس البيتانى (٣١٥ - ٢٤٠) مؤسس الأكاديمية الوسطى .  
 وهذا يشعر بأنه كان يقيم في بيتان ، ويعين على وجه التقريب وقت إقامته  
 بها ، وأنه كان في أخريات القرن .

وإذا كان الجهل بسيرته قد بلغ المبلغ الذى قدمناه فإننا نعلم على وجه اليقين أن له كتابين عظيمين فى الرياضيات هما فى باهما أقدم الكتب اليونانية التى وصلت إلينا كاملة . فنحن على بينة من مؤلفاته ، ولكننا لا نعرف عن شخصه إلا أنه مؤلفهما .

وقبل أن نتكلم عن هذين الكتابين يجب أن نشير فى إيجاز إلى كتاب ثالث له ، مفقود ، ينحى فيه على نظرية الكرات المتحدة المركز ، ويعجب كيف يتسنى التوفيق بين هذه النظرية ، والتغيرات النسبية لمقدار الشمس والقمر ، وتغيرات لمعان الكواكب ، والمريخ والزهرة خاصة . لكنه لم يجد لهذا الإشكال حلاً<sup>(٤٣)</sup> كما يتبين من مجادلته أريستوثيروس .

أما الكتابان اللذان وصلنا إليهما فى هندسة الكرة<sup>(٤٤)</sup> . ولما كان المفروض أن النجوم كلها على كرة واحدة (وعلى أية حال يمكن للإنسان دائماً أن يعتبر مساقطها المركزية على الكرة) فإن المسائل الرياضية الخاصة بالعلاقات بينها هى مسائل تدخل فى هندسة الكرة . فثلا أى ثلاثة أنجم هى رءوس مثلث كرى أضلاعه دوائر عظيمة . وحينما نحاول أن نقيس المسافة بين نجمين على تلك الكرة (ضلع من أضلاع المثلث) فما نقيسه فى الحقيقة هو الزاوية التى تقابل هذا الضلع عند مركز الأرض ، أو كما يراها راصد على الأرض . وتحل هذه المسائل بواسطة حساب المثلثات الكرى ، ولم يكن حساب المثلثات قد وجد فى زمن أوتوليكوس ، فحاول أن يجد حلولاً هندسية .

هذان الكتابان ممتعان حقاً ، بصرف النظر عن قيمتهما العملية ، ممتعان من حيث إنهما صيغا فى قالب إقليدى قبل أن يظهر كتاب إقليدس . ذلك أن النظريات فىهما تتسلسل بترتيب منطقي ، فيذكر منطوق كل نظرية بوضوح ، من حيث تسمية الأشكال بحروف ، ثم تبرهن . وفيهما بعض نظريات لم تبرهن ، أى إنها أخذت قضية مسلمة . وهذا يشعر بأن كتابي أوتوليكوس لم يكونا أول الكتب فى هندسة الكرة ، بل يسبقهما كتاب واحد — على أقل تقدير — لم يصل إلينا ، وبقي شىء من خلاصته فى كتاب Sphaerics تأليف ثيودوسيوس

البيشيني ( في النصف الأول من القرن الأول قبل الميلاد) وفيه برهنة نظريات لم يبرهنها أوتوليكيوس .

وأول كتابي أوتوليكيوس وعنوانه « في الكرات المتحركة » يبحث في صريح هندسة الكرة . أما الكتاب الثاني وعنوانه « في الطلوع والغروب » ( يعني طلوع الكواكب وغروبها ) فهو إلى الفلك أقرب ، أى إنه ينطوى على أرصاء . ويمنعنا ما فيهما من الفن من أن نحلل محتوياتهما في كتابنا هذا .

كيف اتفق بقاء مثل هذين الكتابين ، وما الذى حفظهما من الضياع ؟ لم يلبث الفلكيون الرياضيون أن فطنوا إلى قيمتهما من الناحية العلمية ، فعنوا بتناقلها جيلا بعد جيل . ثم يسر الاحتفاظ بهما ، وضمنه ، أنهما أدمجا آخر الأمر في مجموع سمي « الفلك الأصغر » ( في مقابل « المجموع الأكبر » وهو المحسطى لبطلميوس ) وقد وصل الفلك الأصغر كاملا إلى علماء الفلك من العرب ، وأصبح بعد ترجمته إلى العربية جزءاً أساسياً مما أسماه « كتاب المتوسطات »<sup>(٤٥)</sup> ومبدأ « الاتحاد قوة » يسرى على الكتب كما يسرى على الناس ، فحينما تصبح الكتب أجزاء من مجموعة متجانسة فكل منها يعين على بقاء غيره .

### الفلك في عصر أرسطو :

كان أكبر عمل في ميدان الفلك هو ما قام به كالليوس من إكمال نظرية الكرات المتحدة المركز . ويمكن أن يعد هذا من مفاخر الليكيوم . وقد كان اليونانيون نظريين أكثر منهم راصدين . لكن التوفيق صاحبهم إذ أتيج لهم كنز من الأرصاء المصرية والبابلية . غير أن معرفة مدى انتفاعهم بهذا الكنز يشبه أن يكون متعذراً إلا في الجملة ، فليس لدينا سوى ثمرات انتفاعهم بتلك الأرصاء ، وأكبرها نظرية الكرات المتحدة المركز . ثم إن هيراكليديس أول من عرض نوعاً من المجموعة الأرضية الشمسية ، أى فرض حركة بعض الكواكب حول الشمس . ويمكن أن يقال إنه أول يوناني مهد للفلك الكوبرنيكى . وفي نهاية القرن كان أوتوليكيوس يضع الأساس الهندسى للفلك . وساعد أرسطو في

تقرير مسائل فلكية وفي شرح صلتها بسائر أنواع المعرفة .  
وليلاحظ أن أحداً من هؤلاء لم يكن من صريح بلاد اليونان . فقد ولدوا  
في مقدونيا ( ستاجيرا ) أو في آسيا الصغرى ( هيراكليا بونتيكا . وكيزيكوس ،  
وبيتان ) .

### الطبيعات :

#### الطبيعات في أوائل عهد الالكيكيوم :

لا بد أن يكون أرسطو وزملائه والشباب من تلاميذه قد وقفوا كثيراً من  
وقتهم على البحث في المسائل الطبيعية ، وهم في ذلك لم يعدوا التقليد الأيوني  
القديم ، وإن كان بحث أرسطو وأصحابه أكثر تركيزاً . نعم كان جزء من هذه  
البحوث فلكياً ، وذلك لأن الفلك كان دائماً مختلطاً بالطبيعات . غير أن الميزة  
الكبرى لصريح علم الفلك ، ومن أهم أسباب تقدمه المبكر . أن بعض مشاكله ،  
على أقل تقدير . كانت محددة : فأمكن عزلها من ذلك الخليط في شيء من  
اليسر . ومن أمثلة ذلك تعليل الشذوذ المنطرد في حركة الكواكب : ثم أشكال  
الأرض والكواكب والمسافات بينها ومقاديرها . ولم يقتصر الفلكيون على مجرد  
تقرير هذه المسائل ، بل عرضوا حاولوا لها كان بعضها كافياً ، على أقل تقدير ،  
من حيث كونه محاولات مبدئية .

والكون عندهم قسمان مختلفان : العالم الدنيوى وهو ما تحت فلك القمر ،  
ثم العالم السماوى وهو ما فوق هذا الفلك . والمسائل الطبيعية موضوعها البحث في  
العالم الدنيوى ، والمسائل الفلكية تبحث في القمر وما وراءه .

والطبيعات عند أرسطو . أو الطبيعات المشائية على الأصح . مدونة في  
كتب كثيرة مثل كتاب الطبيعة Physica ( شكل ٩٣ ) وكتاب الأرصاد  
الجوية Meteorologica وكتاب الميكانيكا Mechanica وكتاب السماء De caelo  
وكتاب الكون والفساد De generatione et corruptione بل وفي كتاب ما بعد الطبيعة



Metaphysica . وأزمة بعض هذه المؤلفات غير معروفة على وجه اليقين ، فمثلا كتاب الميكانيكا يعزى أيضاً إلى ستراتون اللبسكي ( في النصف الأول من القرن الثالث قبل الميلاد) وكان معاصراً لإقليدس ، كما يعزى لأرسطو . وينسب الجزء الرابع من الأرصاء الجوية إلى ستراتون أيضاً . ولننس هذه الخلافات ونحاول أن نبين الطبيعة التي كانت تتدارس في الميكانيك في القرنين الرابع والثالث . ولكي نتجنب البلبلة يجب أن نحاول الإغضاء عن شيء آخر ، هو فكرتنا الآن عن الطبيعيات ، وهي نسبياً حديثة . ففي الزمن القديم ، وفي القرون الوسطى ، بل وإلى القرن السابع عشر ، كانت الطبيعيات تبحث في دراسة الطبيعة عموماً العضوية وغير العضوية .

وطبيعيات أرسطو<sup>(٤٦)</sup> تتركز في نظرية الحركة أو التحول . والحركة عنده أربعة أصناف :

- ١ - الحركة المكانية - المعروفة لنا - وهي النقلة من مكان إلى مكان آخر . وقد أدرك أرسطو أن هذه الحركة المكانية أساسية ، وأنها قد يكون لها وجود ، بل لها وجود فعلاً ، في سائر أصناف الحركة .
- ٢ - الكون والفساد والتحول . والتغيرات التي من هذا القبيل دائمة أبدية ، ولذلك لا بد لها أن تعود دورياً ، وهو التعويض ، لأنها لو كانت تحدث في اتجاه واحد لما أمكن استمرارها إلى الأبد . والخلق عنده هو التحول من النقص إلى الكمال (كولادة كائن حي) ، والفناء هو التحول من صورة عليا إلى صورة أسفل منها (كالانتقال من الحياة إلى الموت) ، ولا وجود لخلق مطلق ولا لفناء مطلق .
- ٣ - التغيرات التي لا تؤثر في الهيول ، فربما تتحول الأشياء من صورتها الأولى إلى صورة غيرها ولكن هيولها تبقى كما هي ، ومن هذا القبيل التغيرات التي تعترى جسم الإنسان من جراء إصابة أو مرض .
- ٤ - الزيادة والنقصان .

وكل حادث إنما يحدث بفعل إحدى هذه الحركات التي بينها آنفاً . وعالم الطبيعيات يدرس هذه الحركات لذاتها ، ثم لأنها تزيد علماً بالمادة حين تعورها هذه الأنواع من الحركة .

على أنه من المحال تفسير الطبيعة بهذه الحركات المادية أو هذا التركيب الآلى وحده . بل لا بد من أن يدخل الإنسان في حسابه بعض الأفكار العامة ، كأن يفرض وجود قوة عليا ، كالتدبير العالمى مثلا ، فالله — أو الطبيعة إن شئت — لا يعمل شيئاً عبثاً ، بل لكل حركة وجهة وغاية . فالوجهة دائماً إلى ما هو خير وأجمل ، أما غاية أى كائن فإنما تكشف عنها دراسة تكونه ونموه . هذا عود إلى نظريته الغائية وقد بحثنا فيها في فصل سابق .

ولكل شيء في الطبيعة مظهران ، المادة والصورة . والصورة تعبر عن الغاية . وهذه الغاية لا تتحقق إلا بواسطة نوع ما من المادة . أما ما في الطبيعة من عيب أو نقص أو تشويه فإنما سببه قصور في المادة يعوق تحقيق الغاية .

تلقى أرسطو عن سبقه نظرية العناصر الأربعة ، وقبلها ، لأنها ، على أقل تقدير ، وسيلة إلى تعليل التغيرات التي تحدث في العالم الدنيوى الذى هو تحت فلك القمر ، ولتبيان العالم العلوى الذى هو فوق فلك القمر ، وهو عالم ثابت ، لم يجد أرسطو بدءاً من أن يفرض وجود عنصر خامس غير قابل للفساد ، هو الأثير . وقبل أيضاً الطبائع الأربع ( الرطب واليابس والحار والبارد ) قبلها ، أو على الأقل ، عدّها الطبائع الأساسية التي يمكن أن يؤول إليها غيرها ( مثل الصلب والرخو ) والصور لا تكون إلا للكليات الضرورية ، أما الجزئيات الفردية فعارضة تابعة لها . والصور هي التي يجب على العالم الطبيعي أن يتصدى لإدراك كنهها ، وهذا لا يتسنى له إلا بواسطة الجزئيات الفردية ( العارضة ) . هذا من قبيل مذهب أفلاطون ، وأرسطو — إلى حد ما — مثالى كأفلاطون ، مع فارق بينهما . فأفلاطون ينتقل من المثالى إلى الفردى ، وأرسطو يعكس . وهذا الفرق بينهما يبلو بسيطاً ، لكنه بعيد المدى .

على أن أرسطو يستثنى من ذلك بعض الكائنات الأساسية ، مثل المحرك الأول أو العناصر ، وهي كائنات يتضمن جوهرها الوجود ، ولا يمكن أن تعرف إلا مقدماً .. أما سائر الكائنات فلا يمكن أن تعرف إلا من طريق التجربة ، بالاستقراء من الحالات الفردية إلى الحالات الكلية ، ومن الصور الدنيا إلى

الصور العليا . إن الآلية وحدها لن تكون كافية في إدراك حقائق الكون ، ولكن لا بد دون الوصول إلى الحقائق الكلية من القيام بكثير من التحليل والوصف والاستقراء ، وذلك أخص صفات المذهب العلمي الحديث .

وأرسطو وإن كان ينقل كثيراً عن ديموكريتوس ويكثر من امتداح آرائه ، يردّ النظرية الذرية، وما يمكن أن يسمى مادية ديموكريتوس ، ويردّ القول بالفراغ<sup>(٤٧)</sup> . لأنه لم يتصور وجود الحركة في الأجسام دون وجود شيء تتحرك فيه ، أليس كل ما يحدث إنما يحدث بفعل نوع ما من أنواع الحركة ؟ ويجوز أن أرسطو لم يردّ النظرية الذرية إلا أن ديموكريتوس أو أتباعه لم يوفقوا إلى الصواب في تطبيقها . ولقد قيل إن ديموكريتوس حاول أن يفسر كل شيء بوسائل ميكانيكية ، على حين أن تفسير أرسطو كان على أساس المادة من ناحية ، الصورة من ناحية أخرى .

وعنده أن الأجرام السماوية تتحرك حركة أبدية في مسالك دائرية وبسرعة ثابتة . أما الأجسام الدنيوية فلا تتحرك إذا كانت في مواضعها الطبيعية ، وإذا زحزحت عن هذه المواضع فإنها ترجع إليها في خط مستقيم ، ولها على الخط المستقيم حركتان حركة إلى أعلى وحركة إلى أسفل<sup>(٤٨)</sup> ، فتتحرك الأجسام الثقيلة إلى أسفل ، وتحرك الأجسام الخفيفة ، كالنار ، إلى أعلى . وبين هذين العنصرين - وهما ثقيل مطلق وخفيف مطلق - العنصران الآخريان ، الماء والهواء ، والأول أخف من الأرض ، والثاني أثقل من النار .

أما الميكانيكا عند أرسطو ففيها آثار خفيفة من قانون الروافع ، ومن السرعة الافتراضية ، ومتوازي أضلاع القوى ، وفكرة مركز الثقل ، وفكرة الكثافة . ومن هذه ما أوضحه وحده وجعل له أسساً عديدة أرشيدس السيراكوزي (في النصف الأول من القرن الثالث قبل الميلاد) ، ومنها ما تعمقه الباحثون اللاحقون ، على أن جرثومة ذلك كله كان لها وجود في مؤلفات أرسطو .

والبحث في ميكانيكا أرسطو يدور في الأغلب حول الديناميكا . وتتبع نشأة آرائه في هذا الموضوع مفيد جداً حقاً . ولقد رأينا أنه لم يقبل القول بالفراغ<sup>(٤٩)</sup>

فعمده أن الحركة في الفراغ أمر لا سبيل إلى تصوره . وعلى ذلك فحينما اعتبر حركة الأجسام اعتبرها دائماً في مادة من شأنها مقاومة الحركة ، وبنى على مشاهدات إجمالية أن سرعة الأجسام تتناسب مع القوة المؤثرة في حركتها ، دافعة كانت أو ساحبة ، وتتناسب عكسياً مع مقاومة المادة التي فيها تتحرك ، وأن كل جسم يتحرك في مادة صادرة للحركة مآله السكون حتماً ، ما لم توجد قوة تستمر في دفعه ، ( وفي الفراغ تكون المقاومة معدومة والسرعة لانهائية ) . وقد لاحظ أيضاً أن سرعة الجسم في سقوطه تتناسب مع وزنه ، وأنها تزيد كلما ابتعد الجسم عن المكان الذي أفلت منه وصار قريباً من مقره الطبيعي . وعلى ذلك فالزيادة في السرعة تتناسب مع المسافة التي يقطعها .

لم يصر كشف قوانين الحركة الصحيحة ممكناً إلا بعد أن ظهر بطلان رأى أرسطو في الفراغ . وبدلاً من أن يرفض الباحثون فكرة الحركة في الفراغ ، ويعدها باطلة ، افترضوا مكانها ، ونظروا فيما يحدث لو زالت المقاومة من طريق الجسم المتحرك . وبفضل هذا الاتجاه الموفق امتدى جاليليو إلى أن السرعة لا تتوقف على الوزن أو الكتلة . وقد ظن أول الأمر أن السرعة تتناسب مع المسافة التي يقطعها الجسم في سقوطه ، لكنه أدرك فيما بعد أنها تتناسب مع الزمن الذي يستغرقه الجسم في سقوطه . ثم جاء نيوتن فامتدى إلى القوانين النهائية للحركة ، ولا سيما القانون الذي ينص على أن القوة المحركة لا تتناسب مع السرعة . بل مع تزايد السرعة . وإنصافاً لأرسطو يجب ألا يغيب عن البال أن استنتاجاته كانت معقولة في نطاق عمله المبني على التجارب العملية . فالطاعون فيه من أمثال ماخ Mach لم ينصفوه . ولعل المادحين له من أمثال دوهم Duhem كانوا مسرفين . وإنه لمن غير الإنصاف أن نغيب على أرسطو عدم قبوله لما لم يثبت إلا بعد اختراع المضخة ، وأن نغيب عليه عدم رؤيته ما لم يكن سبيل إلى رؤيته إلا بعد اختراع التلسكوب .

والصعوبة الكبرى في ميكانيكا الأرض ( إذا ما قورنت بميكانيكا السموات ) هي أن الأحداث التي تقع في الطبيعة معقدة غاية التعقد . فلا سبيل إلى

استكناها إلا إذا قام الذهن بعمليات تجريد فيها من الإقدام والجرأة شيء كثير لم يكن لأرسطو قبيل به، لا لأنه أقل إدراكاً من جاليليو أو نيوتن، بل لأنه لم يتهماً له ما تهماً لهما من التجارب، فلم يتسنّ له أن يبدأ من الارتفاع الذى بدءا منه .

وكتاب الأرصاد الجوية المنسوب إلى أرسطو يبحث في الأرصاد الجوية كما هي في اصطلاحنا الآن، ثم في كثير غيرها مما يدخل في علم الطبيعة والفلك والجيولوجيا، بل والكيمياء<sup>(٥٠)</sup>. وورد الجزء الفلكي في الكتاب لأن الظواهر أمثال المذنبات والمجرة كانت في رأى أرسطو تنشأ فيما تحت القمر، فعدها ظواهر أرصاد جوية لا ظواهر فلكية. وأمثال هذه الأخطاء تغتفر لأنها عادية ولم تكن غريبة في عصره، بل حتى نهاية القرن السادس عشر والقرن السابع عشر. ولا غرو فأحوال المذنبات، وهي مفاجئة غير مرتقبة، بدت مغايرة بالكلية لحركات الكواكب، وهي على تعقدها مستقرة على نظام ثابت رزين. إلا أن في الكواكب معنى الخلود والقدسية، وعلى النقيض منها المذنبات. فهل نجد ما هو أولى بأن يضرب مثلاً للنزق من المذنبات التي تبدو في السماء ثم لا تلبث أن تتفكك وتختفي؟ ثم إن المذنبات كانت في العادة ترى خارج منطقة البروج. ولم يتزعزع رأى أرسطو هذا إلا بعد أن نشر تيخو براهمة في سنة ١٥٨٨ نتائج رصده للمذنب الذى ظهر في سنة ١٥٧٧، وأثبت أن ذاك المذنب لا يمكن أن يكون دنيوياً (تحت فلك القمر) وفلكه أكبر من فلك الزهرة<sup>(٥١)</sup>.

أما المجرة، وهي أشبه بدائرة عظمى تشق السماء في اتجاه دائرة الانقلاب، فقد اعتبرت أيضاً ظاهرة أرصاد جوية كونها أبخرة يابسة حارة كالأبخرة التي تتكون منها الشهب. ولم يكن من المستطاع أن تفهم المجرة على خير وجه من هذا والتلسكوب لم يكن معروفاً. وقد فند كبير رأى أرسطو، وأثبت أن المجرة متحدة المركز مع الشمس على السطح الداخلى للكرة المبتوثة فيها النجوم. وفي الكتاب - كتاب الأرصاد الجوية - وصف لظواهر متعددة وبحث

فيها ، مثل الشهب والمطر والندى والبرد والتنج والرياح والأنهار والينابيع وملوحة البحار والرعد والبرق والزلازل . وعرض كل منها يحتاج إلى صفحة على الأقل ، لكن المكان ضيق وصبر القراء محدود . فلنقتصر على عرض موجز نعلق فيه على نظريات أرسطو في البصريات ، فنقول إنه يرى رأى القائلين بمادية الضوء ، وأنه كريات تنبعث من الجسم المرئي أو تعخرج من العين . ويذهب إلى أنه ظاهرة أثرية ( وأرجو ألا يحسب القارئ ذلك الرأى سبقاً إلى النظرية الموجبة للضوء ) . وقد فطن لرجع الصوت ( الصدى ) وللضوء ، وجاء بنظرية لقوس قزح مبنية على انعكاس الضوء من قطرات الماء ، فكانت نظرية حرة بالتقدير على ما فيها من نقص . وقد شبهت نظريته في الألوان بنظرية جوته ، وهي مقارنة ليس فيها كبير ثناء على جوته . ولكنها مفخرة لأرسطو (٥٢) .

والحق أن وفرة المسائل الطبيعية في مجموعة مؤلفات أرسطو تدعو إلى الإعجاب ، ولكن ليحذر الناظر فيها أن ينزلق فيجاوز الحد في تقدير ما يستشفه فيها من أفكار يحسبها نظائر للأفكار الحديثة ، على حين أنه لم يكن لها في ذهن مؤلفها ما لها في أذهاننا الآن من دلالات . ولا يغيب عنا أن قوة أية فكرة علمية إنما تقدر بما قامت عليه من معرفة . ولأرسطو كثير من الأقوال الباهرة . لكنها لا يركن إليها إلا بقدر ما يركن إلى الأسئلة الصادرة من طفل ذكي .

وربما يكون الكتاب الرابع من الميتورولوجيا من عمل ستراتون (٥٣) . ولأنه وصل إلينا يمكن أن نعهده أول كتاب مدرسي في الكيمياء . وهو يعالج تكون الأجسام ، والعناصر والطبائع ، والكون والفساد ، والحضم وعسره ، والتجميد والتحليل ، وخواص الأجسام المركبة ، وما يمكن تجميده وإذابته وما لا يمكن ، والأجسام المتجانسة (٥٤) . والنتيجة النهائية هي أن الغاية والوظيفة أكثر ظهوراً في الأجسام غير المتجانسة منها في الأجسام المتجانسة التي تكونها . كما أنها أظهر في الثانية منها في العناصر . وقد فكر أرسطو ( أوستراتون ) تفكيراً عميقاً في الفروق التي تحدث ، أو لا تحدث . حينما يخلط جسمان مختلفان ، أبيقيان منفصلين ، أو قابلين للانفصال ، أم يتحدان فيخرج منهما شيء جديد ، فتزول صورتها ،

أو لا يوجدان إلا بالقوة ، وتخلق لهما صورة جديدة<sup>(٥٥)</sup> .

ذلك كله له في النفس وقع أى وقع . ولا سيما إذا عرفنا أنه حتى نهاية القرن الثامن عشر لم يستطع الباحثون أن يتلمسوا طريقهم في غياهب الكيمياء . وقد وصل كل من أرسطو وستراتون إلى أقصى ما يمكن الوصول إليه في عصرهما ، أو بعبارة أدق كان تفكيرهما أبعد مدى من تجاربهما ، وكان لا بد من انقضاء ألفى سنة ونيف قبل أن يبلغ تفكيرهما أشده ويؤتى ثمره .

سبق أن استشهدنا بأمثلة غير قليلة على ما كان من رواج آراء أرسطو ، على علاقاتها ، زمنا طويلا . ونقول هنا على وجه الإجمال إن الطبيعيات على مذهب أرسطو سيطرت على الفكر الأوربي حتى القرن السادس عشر ، وحينئذ أصبح الخروج عليها – وكان قد لبث قروناً يتجمع ويقوى ، أكثر صراحة وشدة وأحسن ترتيباً وتنظيماً . وفي منتصف ذلك القرن بلغ من تطرف راموس<sup>(٥٦)</sup> أن جهر ببطلان مذهب أرسطو بالكلية . ثم جاء جاسندى في القرن التالي فهد لتقويض بناء الطبيعيات عند أرسطو بأن بعث مذهب الذرية من مرقده . وجاء ديكار<sup>(٥٧)</sup> فبنى بناء جديداً بالكلية وإن قبل بعض آراء أرسطو . ومع ذلك لم يطرأ تغيير ما على ما كان مألوفاً من التوسع في مدلول الطبيعيات . ذلك أن العلم في أية ناحية من نواحي هذا الميدان الفسيح لم يبلغ من الدقة المبلغ الذى يقتضى تمييز ناحية ما من سائر النواحي ، حتى كان يتسنى وجود علم الطبيعة بمدلوله الحال<sup>(٥٨)</sup> .

كانت آراء أرسطو تردّ ، ولكنها لم تكن تنسى أو تهمل . بل بقي من المدرسين والمثابرين من صمدوا للمقاومة ، وظل أرسطو حياً – وإن كان في موقف المدافع – حتى القرن الثامن عشر .

### الموسيقى اليونانية

أريستوكسينوس التارنتى : Aristoxenos of Tarentum

قبل أن نختم هذا الفصل لابد من أن نذكر أحد أصحاب أرسطو – وهو ليس

بأقلامهم شأنًا - أريستوكسينوس الموسيقار ، أو على الأصح صاحب النظريات في الموسيقى . كان أرسطو كثير الإقبال على الموسيقى ، لا من حيث قيمتها الخلقية فقط ، كراى أفلاطون <sup>(٥٩)</sup> بل من الوجهة الفنية البحتة أيضاً . وكان على علم بما اهتدى إليه فيثاجورس من الصفة العددية للتوافق الموسيقى . فإن فيثاجورس ، أو أحد القدامى من أصحابه ، كان قد فطن إلى أنه إذا قسم وتر مهتز ، في آلة موسيقية ما - أقساماً بنسب بسيطة ( ١ :  $\frac{2}{4}$  :  $\frac{2}{3}$  :  $\frac{1}{4}$  ) فإنه يحدث تآليف جدّ لطيفة يرتاح لها السمع . وتوسع أرسطو <sup>(٦٠)</sup> فأجرى التقسيم بهذه النسبة في أنابيب البوص <sup>(٦١)</sup> . وقد أدرك أهمية تكرار الاهتزاز . وإن كان قد خلط بينه وبين سرعة انبعاث الصوت ، وأخطأ ، كما أخطأ أرخيتاس ، في ظنه أن سرعة الصوت تزيد تبعاً لزيادة درجته . وساءل نفسه : لماذا يزداد الصوت علوًّا في صداه <sup>(٦٢)</sup> . والسؤال وجيه وفي صميم الموضوع . ولكن لم يوجد من يجيب عنه إلا في سنة ١٨٧٣ حين جاء لورد راليه Rayleigh بنظريته في توافق الأصدااء <sup>(٦٣)</sup> .

وغير بعيد أن يكون آخرون من رجال الليكيوم قد بحثوا في مسائل تتعلق بعلم الصوت الموسيقى . ففي كتب أريستوكسينوس - وسننظر فيها بعد قليل - طائفة من المعلومات في هذا الموضوع تمتاز - بالقياس إلى غيرها - بالعمق وسعة المجال والبعده عن البسائط .

وأغلب ما نعلمه عن أريستوكسينوس مستمد من سويداس (في النصف الثاني من القرن العاشر) . وكان في متناول سويداس كتب قديمة لم تصل إلينا ، لكن كل ما أخبرنا به أيده تأييداً كافياً مصادر أخرى متعددة يؤثّق بها . كان مولد أريستوكسينوس في نارت وهي قريبة من البلد الذي فضجت فيه الآراء الفيتاجورية . وتلقى عن أبيه سينتاروس وكان موسيقاراً . وعن لامبروس الأثيرى . وكسينوفيلوس الفيتاجورى <sup>(٦٤)</sup> . ثم عن أرسطو . وبعد موت الأستاذ الأكبر أختير ثيوفراستوس نيسا ليليكيوم . ولم يقع لاختيار على أرسطوزينوس . فاشتعل غضباً . ويقول سويداس إنه كان معروف المكانة في زمن الأولياد الحادية عشرة بعد المائة

(سنة ٣٣٦ - سنة ٣٣٣) (٦٥) وإنه كان معاصراً لدكايارخوس المسيني . ثم يقول إن مؤلفات أريستوكسينوس تتناول الموسيقى والفلسفة والتاريخ . وكل مشاكل التريية . وقد بلغت هذه المؤلفات ٤٥٣ كتاباً .

وكتاب أريستوكسينوس الوحيد الذى وصل إلينا هو « أصول التوافق » . وهو فى بابيه أبرز كتب الأوائل . ثم هو بحالته التى هو عليها كما وصل إلينا أشبه بأن يكون ملففاً من كتابين منفصلين . ويقع ( فى طبعة مكران ) فى ٧٠ صفحة ، أى حوالى ١٦١٠ أسطر . (٦٦) وهو كتاب مجهد طبق فيه أريستوكسينوس الأساليب المنطقية المعروفة فى الليكيوم فى عرض المعلومات التى لقيها إياه سينتاروس ولبروس وكسينوفيلوس ، أو التى حصل عليها من تجاربه الخاصة . والكتاب ثلاثة أقسام : الأول يعالج العموميات . ودرجة الصوت . والنغمات . والمسافات ، والسلام ، والثانى يعالج هذه الموضوعات ويزيد عليها المفاتيح والإيقاع والألحان ( ويشعر روح الجدل الذى يتمشى فى بحث هذا الموضوع بوجود مؤلفات أخرى فيه ضاعت ولم تصل إلينا ) والثالث فيه زهاء ست وعشرين نظرية فى الجمع بين المسافات الموسيقية والتأليف الرباعية فى السلام .

والجديد فى عمل أريستوكسينوس هو التعمين النظرى للمسافات الموسيقية . فهو يبتدئ من المسافات الفيثاجورية الثلاث (  $\frac{2}{1}$  و  $\frac{3}{2}$  و  $\frac{4}{3}$  أى الثامنة والخامسة والرابعة ) ويتخذ الفرق بين الخامسة والرابعة وحدةً . لكنه وجد هذه الوحدة أكبر من اللازم ، فلكى يحصل على أجزاء من الوحدات قسم المسافة حسابياً ( من غير استخراج الجذور ) . فثلا فى الرابعة النازلة من لا إلى مى يدخل نغمتين تعطيان صول و فا ، فتكون المسافة الجديدة بين فا و مى هى نصف النغمة . فإذا كانت هذه المسافة الجديدة حقيقة نصف نغمة فإنه يكون هناك ٥ أنصاف نغمة فى الرابعة و ٧ فى الخامسة و ١٢ فى الثامنة . ولقد ذهب أريستوكسينوس إلى أبعد من ذلك فلم يقتصر على الأنصاف ، بل نظر فى الأثلاث والأرباع ، بل والأثمان . لكن هذه الأقسام الصغيرة لم يقدر لها البقاء . والارتباك الذى نشأ عملياً بين الباقي Leimma<sup>(٦٧)</sup> ونصف النغمة ألبأ أريستوكسينوس

إلى نوع من حساب التفاضل والتكامل يعد من قبيل التفاضل والتكامل باللوغاريتمات فالمسافات (وهي نسب) تحسب بواسطة وحدات تضاف . وهذا ممتنع حقاً ، ومع ذلك فإنه يكون ضرباً من الحماسة أن نستنتج من هذا أن أريستوكسينوس هو الرائد الذى مهد السبيل لنايبير Napier . وإذا كانت أشياء وأشياء قد تطرأ بين غمضة عين وانتباهتها كما يقولون ، فما أكثر ما يطرأ بين الفكرة الأولى والنظريات التى تبني عليها آخر الأمر (٦٨) .

وكتاب أريستوكسينوس بالغ الدلالة من حيث كونه آية من آيات الفكر اليونانى . وكان تأثيره عظيماً ، إما مباشرة أو من طريق كتاب التوافق (Harmonics) لبطلميوس ( فى النصف الأول من القرن الثانى ) . والعلم العالى فى أواخر العصر القديم ، وفى القرون الوسطى كان مكوناً من أربعة علوم أساسية هى الحساب والموسيقى والهندسة والفلك ( ومن ثم كان اسم الرباعية (٦٩) ) . وعجب أن يكون من الرباعية الموسيقى لا الفيزيكا . كانت الموسيقى علماً رياضياً – والفضل لأريستوكسينوس وفيثاجورس – على حين بقيت الفيزيكا فى مرحلة وصفية قريبة الاتصال بالفلسفة .

كان تأثير أريستوكسينوس فى الغرب قليلاً ، لأن أول معلم كبير للموسيقى فى العالم اللاتينى هو بوتيتيوس ( فى النصف الأول من القرن السادس ) ويرتكز كتابه على المذهب الفيثاجورى أكثر مما يرتكز على مذهب الارىستوكسينوس . وعلى النقيض علماء الموسيقى البيزنطيون ، فإنهم اتبعوا مذهب أريستوكسينوس . وعند مانويل ( فى النصف الأول من القرن الرابع عشر ) واضع آخر توافقات بيزنطية ، أن تاريخ الموسيقى يقع فى ثلاثة أعصر : ما قبل الفيثاجورى ، ثم ما بعد الفيثاجورى . وثالث هذه الأعصر يبدأ بأريستوكسينوس ويتصل على يد سائر علماء الموسيقى فى الأزمنة البيزنطية والكلاسيكية . ومانويل نفسه من علماء هذا العصر الثالث عصر أريستوكسينوس . والحق أن الموسيقى اليونانية من الناحية النظرية لم تصل قط إلى أكثر مما وصل إليه أريستوكسينوس ، ومن الناحية العملية ( من تأليف مقطوعات ، بضرب على آلات . وغناء . وتعليم ) لم تتغير بعده تعبيراً يذكر (٧٠) .

هذا ولم تكن الموسيقى عند الأقدمين مقصورة على الموسيقى بمثلها الحال بل شملت أيضاً الشعر ، فالشعر اليوناني كان يقرض ليتغنى به . وزيادة على ذلك كان للموسيقى وجهة كونية وخلقية . فنظرية التوافق في الموسيقى إن هي إلا جزء من نظرية التوافق في الكون جميعه ، أو في نفس الإنسان . فالموسيقى كانت إذن شعبة من شعب الفلسفة ، كما كانت شعبة من شعب الرياضة ، وهي التي أدخلت العلوم الإنسانية في الرباعية .

## هوامش الفصل العشرين

- (١) جمع سير توماس هيث كل النصوص الرياضية منقولة إلى الإنجليزية في مجموع أسماء الرياضيات عند أرسطو (Oxford: Clarendon Press 1949) (Isis 41, 329 (1950)). (305 pp. ; ظهر بعد وفاته ، وجاء على خلاف ما كان يرجى منه . فقد رتب النصوص على حسب الكتب التي هي فيها ( الأورجانون ، الطبيعة ، والسماء ، إلخ ) بدل أن يرتبها حسب موضوعاتها . وانكتاب مع ذلك سهل التناول ، ويوضح اتصال التفكير الرياضي عند أرسطو طول حياته .
- (٢) Metaphysics, 982 A, 25-28
- (٣) Carl B. Boyer, The concepts of the calculus (352 pp.; New York: Columbia University Press, 1939; reprinted, Hafner, 1949) (Isis 32, 205-201 (1947-1949); 40, 87 (1949)).
- (٤) G. Friedlein, Procli in primum Euclidis elementorum commentarii (Leipzig, 1873), p. 67.
- (٥) خلقيونية في بتيينا عند مدخل البوسفور ، في مواجهة بيزنطة تقريباً . فهي إذن على الجانب الآسيوي من البوسفور حيث توجد الآن قاضي كوي إحدى ضواحي استانبول .
- (٦) Iamblichos (IV-1), Life of Pythagoras, as translated by T. L. Heath, History of Greek mathematics (Oxford, 1921), vol. 1, p. 24.
- (٧) Diogenes Laërtios, IV, 11-15 : نقلا عن
- (٨) Plutarch, Quaestiones convivales, VIII, g, 13, 733A.
- (٩) Friedlein, Procli in primum Euclidis, p. 67 . ويجوز أن تكون إيميكلاس مصحفة من أمينتاس . أصله من هيرا كليا في بنطس . ولا يعرف عنه شيء سوى ما جاء في هذه العبارة .
- (١٠) يقصد بزاوية المخروط هنا الزاوية الكلية ٢ ه وهي ضعف الزاوية التي كونت المخروط بدورانها .
- (١١) Otto Neugebauer, "The astronomical origin of the theory of conic sections," Proc. Am. Philosophical Soc. 92, 136-138 (1948) [ Isis 40, 124 (1949) ].
- (١٢) Stobaios (V-2), Anthologion, II, 13; 115; Englished by Heath, History of Greek mathematics, vol. 1, p. 252.
- (١٣) النص اليوناني (Friedlein, Procli in primum Euclidis, p. 67). غير جلي أما المعنى في الجملة فلا شك فيه .
- (١٤) Proclus; see Friedlein, Procli in primum Euclidis, p. 379; Ver Eecke, Commentaires de Proclus sur le premier livre d'Euclide (Bruges: Desclée De Brouwer, 1948), p. 324.
- (١٥) مع جواز استثناء مؤرخ الطب مينون ، وهو من المشائين ، وسيأتي الكلام عنه .

(١٦) لما أنشأ أوتو نويجيباور وبيوند كلادر أرشيبالد صحيفة خصصها لتاريخ الرياضيات وانفلك أطلق عليها اسم يوديموس تقديراً لأقدم أسلافهم الرومانيين . ولم يظهر منها إلا عدد واحد [Isis 34, 74 (1942-43) (Copenhagen, 1941)].

(١٧) أسميه أريستاويوس الكبير كما جاء في مجموعة بابوس التي نشرها ف . هلنش

(Berlin, 1876-78), beginning of VII, vol. 2, p. 634.)

وكان فيه سمي له من علماء الرياضة ، أسمى أريستاويوس الكروتونى ، ابن داموفون ، وهو زوج بنت فيثاجورس وخليفته مباشرة (Pauly-Wissowa, vol. 2, p. 859) . أما بابوس السكندرى فربما كان ذا مكانة علمية معروفة أثناء حكم دقلديانوس إمبراطور الرومان ( ٢٨٤ - ٣٠٥ ) وربما يكون قد كتب كتابه « المجموعة الرياضية » في أواخر عمره ، بعد سنة ٣٢٠ . [Isis 19, 382 (1933)].

(١٨) Pappos' Collection, VII; Hultsch, vol. 2, pp. 674-679; Heath, History of Greek mathematics, vol. 2, pp. 116-119.

(١٩) Pappos' Collection, Hultsch, vol. 1, p. 435

وهيسكليس ( في النصف الأول من القرن الثاني قبل الميلاد ) هو الذى عزا هذا الكتاب إلى أريستاويوس فيما يسمى الكتاب ١٤ لأقليدس ( نظرية ٢ ) .

(٢٠) لا بد من ذكر بونتিকা لأن كثيراً من المدن الإغريقية سميت باسم هرقل أبعد أبطال التاريخ صيتاً . وتقع هيراكليا بونتিকা على الساحل الجنوبي للبحر الأسود ، في الجزء الغربى حيث ساحل بونيا ، واسمها التركى الحالى ارچلى .

(٢١) "Somnium Scipionis" in book VI of Cicero's De republica

وكثيراً ما طبع ال Somnium مع شرحه الذى كتبه ماكروبيوس ( في النصف الأول من القرن الخامس ) فكان الينوع الأعظم الذى استمد منه الغرب اللاتينى الأفلاطونية ، بله ترجمة تياوس المقتضبة التى ترجمها شاسيدويوس في النصف الأول من القرن الرابع ) .

(٢٢) إبيدوتيموس السيراكوزى . وليلاحظ أن إبيدوتيموس وإسبادوكليس سيان من حيث الاشتقاق

J. Bidez, Eos (Brussels: Hayez, 1945), pp. 52-59 [Isis 37, 185 (1947)].

(٢٣) لاستند ثقلمونة هذا بالثجاذب الجزئى الذى اقترحه جومبرز ثم بيديه من بعده في ص ٥٦ .

(٢٤) آراء هيراكليس في دوران الأرض حول محورها ينقلها يوتيبوس سيمبليكوس ( في النصف الأول من القرن السادس ) وآراؤه في حركة عطارد والزهرة حول الشمس ينقلها فيثوفون ( في النصف الثانى من القرن الأول قبل الميلاد ) وخالكيديوس ( في النصف الأول من القرن السابع ) ومارتيانوس كابالا ( في النصف الثانى من القرن الخامس ) . والترجمة الإنجليزية لما يقولونه موجودة في :

Heath, Greek Astronomy (London : Dent, 1932), pp. 93-95 [Isis 22, 585 (1934-35)].

(٢٥) كلمة في قصور السيارات السفلى في أوائل القرون الوسطى لثشارلز و . جونز :

Isis 24, 397-399 (1936).

(٢٦) زعم الفلكي الإيطالي جيوفاني فيرجنيو سكيابري (١٨٣٥ - ١٩١٠) أن هيراكليديس سبق إلى ما رآه تيخو براهة، بل إلى ما رآه كوبرنيكوس. وذلك زعم لن يجد من ينصره (من المقدمة المجلد الأول ص ١٤١).

(٢٧) جملة القول أنه بناء على رأى هيركلديس (حوالى ٣٥٠ ق. م.) يدور حول الشمس سياران، وبناء على رأى تيخو براهة (١٥٨٨) يدور حولها خمسة، وبناء على رأى رتشبول (١٦٥١) يدور حولها ثلاثة.

(٢٨) يقول بهذا سبليكوس (في النصف الأول من القرن السادس) في كتابه «شرح كتاب أرسطو De caelo» (طبعة هيرج ١٨٩٤) ص ٥٠٥، ويعجب بوليمارخوس كيف تمشي تغيرات لمعان السيارات مع نظرية الكرات المتحدة المركز، لأنه طبقاً لهذه النظرية لا تتغير المسافة بين الأرض والسيارات. لكن يظهر أنه عاد فعدل عن اعتراضه بحجة أن التغير في اللمعان أضال من أن يعتد به.

(٢٩) Simplicios' Commentary on De caelo (Heiberg ed.), p. 493

Metaphysics, 1073 B (٣٠)

(٣١) أما عن تقويم كاليبيوس فارجع إلى جنوس الرودسي (في النصف الأول من القرن الأول قبل الميلاد) في النسخة اليونانية مع ترجمتها إلى الألمانية ترجمة كارل مانتييوس (Leipzig, 1898), pp. 120-122

(٣٢) كتاب Metaphysics من عمل أرسطو يقيناً، ولسنا على مثل هذا اليقين فيما يتعلق بكتابتى Physics و De caelo و De caelo بحالته الراهنة كتاب وضعه أرسطو للطلبة، وربما يكون نفعه أصحابه. وكثرة المتناقضات فيه دليل على أنه لم ينقح التنقيح الكافي [Isis 32, 136 (1947-49)]

(٣٣) Heath, Greek Astronomy p. xlvi [Isis 22, 585 (1834-35)]

(٣٤) عكست هذه القضية بعد ذلك عكساً غريباً، فنلا ذهب بلوتارخ (في النصف الثاني من القرن الأول) إلى أن العالم غير محدود، فلا مركز له إذن ولا يمكن القول بأن الأرض في وسطه. وردد هذا الرأى جميع فلاسفة القرون الوسطى إذ كانوا مؤمنين بلا نهاية العالم، ومنهم مثلاً نيكولاوس كوزانوس (١٤٠١ - ١٤٦٤).

(٣٥) في نسخة De caelo مع ترجمتها، طبع Loeb Classical Library سنة ١٩٣٩ (ليزيوس ٣٢ - ١٣٦ (١٩٤٧ - ٤٩)) بيان ل. و. ك. س. حثرى بعبارات أرسطو في هذا الكتاب التى تنى وجود المحرك الأعلى، وبعباراته التى تنطوى على وجود هذا المحرك.

De caelo, 279 A (٣٦)

De caelo, 298 A, following J. L. Stocks translation in the Oxford Aristotle (٣٧) (1922).

(٣٨) يستحيل أن نعرف مبلغ هذا التقدير من الدقة إلا بعد معرفة طول الغلوة أوبرى دالر: «مقاييس الأرض قديماً» (ليزيوس ٤٠، ٦ - ٩ (١٩٤٩)). فحيط الأرض عند أرسطو ٤٠٠٠٠٠ غلوة، وعند أرسطيدس (في النصف الثاني من القرن الثالث قبل الميلاد) ٣٠٠٠٠٠، وعند أراتوسين (في النصف الثاني من القرن الثالث قبل الميلاد) ٢٥٢٠٠٠، وعند بوسيدونيوس (في النصف الأول من القرن الأول قبل الميلاد) ٢٤٠٠٠٠ ثم ١٨٠٠٠٠، وعند بطلميوس (في النصف الأول من القرن الثاني) ١٨٠٠٠٠. والإشكال في أن الغلوة تختلف طولها باختلاف الأمكنة والأزمنة. فن الجائز أن يكون مقدار بوسيدونيوس مقدار واحد لمقياسين مختلفين لطول الغلوة: ٢٤٠٠٠٠: ١٨٠٠٠٠ = ٤: ٣ = ١٠ غلوات للميل :  $٧ \frac{1}{4}$  من الغلوات للميل. والمفروض أن تقدير

أراتوستين أحسن تقدير في العصر القديم (المقدمة - المجلد الأول ص ١٧٢) . وإذا كان تقدير كل من أراتوستيس وبوسيدونيوس مبنياً على الغلوة التي تساوى  $\frac{1}{10}$  ميل فتقديرهما جد متقاربين لأن  $252 : 240 = 21 : 20$  .

(٢٩) Simplicios' Commentary (Heiberg ed.), p. 117, 25 أما فيما يتعلق بالفلك اليوناني (بودكسوس وكالبيوس) فسيمبليكيوس يقتبس كثيراً من سوسيجنس المشاء (فلكني قيصر) الذي تهيأ له الازنتفاع بتاريخ الفلك ليودس الرودامانس ، وهو غير موجود (راجع هيرج ص ٤٨٨ ، ٢٠) .  
(٤٠) نوقش هذا تكراراً في مقدمتي . انظر مثلاً المجلد الثاني ص ١٦ والمجلد الثالث صفحة ٤٨٤  
(٤١) بتان كانت على شاطئ أيوليس (هيسيا - آسيا الصغرى) .

(٤٢) إقليدس في كتابه Phenomena ينقل عن أرتوليكيوس ، لكنه لا يذكر اسمه .

(٤٣) لا يعرف عن ارستوثيروس إلا أنه كان معلم أراتوس السولوبي (في النصف الأول من القرن الثالث قبل الميلاد) وسيمبليكيوس يشير إليه (هيرج ص ٥٠٤ ، ٢٥) . ولجويارخوس الكيزكي مثل هذا الاعتراض (فهل اعترضه مستقلاً عن غيره من اعترضوه) .

(٤٤) Greek edition with Latin translation by Friedrich Hultsch (Leipzig, 1885) .

New Greek edition without translation by Joseph Mogenet, Autolycus de Pitane.

Histoire du texte suivie de l'édition critique des traités de la sphère en mouvement et des levers et couchers (336 pp.; Louvain: Université de Louvain, 1950) [Isis 42,

147 (1951) ] .

(٤٥) كتاب المنسطات (انظر المقدمة ، المجلد الثاني ، صفحة ١٠٠١) وفي طبعة موجنيه

سنة ١٩٥٠ بحث وعيب في أوتوليكيوس باليونانية والعربية واللاتينية والعبرية . أما الفلك الصغير عنه في كتاب موجنيه ص ١٦٦ ، ١٧٢ .

(٤٦) توخيا للسهولة سأوسع حد في كثير من المواضع فيما يلي - في مدلول الأرسطية . كل ما أقرره يمكن تأييده بنص من مجموع مؤلفات أرسطو . ولكن يجوز أن يكون هذا النص أو ذلك لا يعبر عن رأى أرسطو بالذات بل عن رأى ستراتون مثلاً أو أي فيلسوف غيره معروف أو غير معروف ، وإذن فنكل قول أفره قد يستلزم بحثاً طويلاً ليس هنا محله .

(٤٧) غريب أن يكون أقطع قول له في هذا الموضوع عبارة وردت في كتابه De respiratione

في سياق كلامه عن تنفس الأسماك وهي : يقول أنكساجوراس أن الأسماك إذا فرغت من خياشيمها دخل الهواء أفواهاها ، لأن الفراغ محال .

(٤٨) قال أرسطو بإمكان حركتين على الخط المستقيم ، وبحركة واحدة فقط على الدائرة .

وكل حركات الأجرام السماوية التي كان على علم بها كانت في اتجاه واحد . فهل الحركة في الاتجاه المضاد ما لا يمكن تصوره؟ .

(٤٩) جروا على التعبير عن هذا المذهب الأرسطي بقولهم : الطبيعة تأبى الفراغ ، ولا علم لي

بالأصل المضبوط هذا التعبير ، وهو يرجع إلى القرون الوسطى . أما الفراغ وتاريخه فارجع فيه إلى

Cornelis De Waard, L'expérience barométrique (Thouars: Imprimerie nouvelle, .

[Isis 26, 212 (1936)]

(٥٠) تحليل موجز في مجلة إيزيس ، المجلد السادس ص ١٣٨ (١٩٢٤) .

Tycho Brahe, *De mundi aetherii recentioribus phaenomenis liber secundus* (٥١)  
qui est de illustri stella caudata ... (Uraniborg, 1588)

ولا مناسـل من أن أقول - وإن كان هذا القول غير ذي صلة يفرضى المباشر - إن براهة أشارق كتاب سنة ١٥٨٨ هذا إلى أن مدار مذنب سنة ١٥٧٧ ليس دائرياً بل إهليجياً . وهذه أول مرة يذكر فيها فلكي مداراً ليس دائرياً ولا مركباً من دوائر . وقد نشر كشف كبلر المسارات الأهلجية سنة ١٦٠٩

C. Doris Hellman, *The comet of 1577: its place in the history of astronomy*  
(New York: Columbia University Press, 1944) [Isis 36, 266-270 (1946)] .

Aydin M. Sayili, "The Aristotelian explanation of the rainbow," *Isis* 30, (٥٢)  
65-83 (1939). Carl B. Boyer, "Aristotle's physics," *Scientific American* (May 1950),  
pp. 48-51.

*Isis* 3, 279 (1920-21) (٥٣)

homoiomereōs (٥٤) أي متجانساً . وضدها, moiomereōs

أي متافراً . وأرسطو يستعمل هاتين الكلمتين : homoiomereōs

(٥٥) مثال ذلك في العلم الحديث أن صورة الإيدروجين والأكسجين تتقدم حينها تتحد جزئيات معينة من كل لتكون الماء ، وعندئذ لا يوجد أيديروجين في الماء إلا بالقوة لا بالفعل .

(٥٦) بيير لاراميه (١٥١٢ - ٧٢) أحد ضحايا مذبحة سانت بارتولوميو .

(٥٧) جاستدى (١٥٩٢ - ١٦٥٥) وديكارت (١٥٩٦ - ١٦٥٠) متعاصران ، يكاد تعاصرها يكون تاما . وكانا خصمين ، لكنهما معا سيطرا على الربع الثاني من القرن الذي عاشا فيه .

(٥٨) تأمل الكتاب الشهير *Traité de Physique* تأليف جاك روهو (باريس ١٦٧١) الذي ظل لمدة نصف قرن أهم الكتب المدرسية في الطبيعة الديكارتية ، فهو لا يقتصر على الطبيعة البحتة بل يبحث في علم الكون ، وفي الفلك ، والأرصاد الجوية ، والجغرافيا ، ووظائف الأعضاء ، والطب . ج . سارتون «بحث في الكتب العلمية الدراسية قديماً» (لنزي ٣٨ ، ١٣٧ - ١٤٨ ، ١٩٤٧ - ٤٨)

(٥٩) للوقوف على الوضع الأخلاق للموسيقى عند قدماء اليونان وعند قدماء الصينيين ارجع إلى المقدمة ، المجلد الثالث ص ١٦١ - ١٦٢ .

(٦٠) وبعبارة أدق المؤلف المجهول لكتاب *Problemata* . ويجوز أن يكون فيه عناصر أرسطية ، ثم أضيف إليها شيئاً فشيئاً غيرها من آراء المشائين ، ويجوز أن يكون الكتاب بجالته الراهنة قد وضع في عصر قريب نسبياً ، في القرن الخامس أو القرن السادس ، إيزيس ٢ - ١٥٥ (١٩٢٨) .

*Problemata*, 919 B, 5 (٦١)

*Problemata*, 918 A, 35 (٦٢)

Rayleigh, *Nature* 8, 319 (1873); *Theory of sound* (London: Macmillan, 1878; (٦٣)

ed. 2, 1896; reprinted, 1926), vol. 2, p. 152.

(٦٤) وفيما عدا هذا فلمبروس وكسينوفيلوس مجهولان ، وإنما ذكرناهما لما أنه من الجدير بالذكر أن يكون أريستوكسينوس قد تلقى العلم عن واحد من الفيشاجوريين على أقل تقدير . ولامبروس من أثيرى وهو اسم لأماكن كثيرة ، ولعل هذه هي أثيراي الأيونية المقابلة لجيوس (إحدى المدن اليونانية الاثني عشرة في آسيا الصغرى) ، فكثير من الأيونيين هاجروا إلى اليونان الكبرى .

(٦٥) يجوز أن يؤخذ هذا دليلاً على أن أريستوكسينوس قدم أثينا حوالي المدة ٣٣٦ - ٣٣٣ ، ويجوز أيضاً أن يدل على أنه كان يبلغ نحو الأربعين سنة في سنة ٣٣٦ . فإذا صح هذا فهو أسن

قليلا من ثيوفراستوس . وسواء أكانت سنة عند وفاة أرسطو ( ٣٢٢ ) أربعين أم خمسين فقد كان لديه وقت كاف يثبت فيه قيمته ويكون أهلا لتولي الرياسة .

Introduction, vol. I, p. 142. Henry S. Macran, *The Harmonics of Aristoxenos* ( ٦٦ )  
(Greek and English with notes, 303 pp.; Oxford, 1902). Louis Laloy, *Aristoxène de Tarente et la musique de l'antiquité*, (418 pp.; Paris, 1904), includes Aristoxenian lexicon; reprinted in 1924 [Isis 8, (1926) ].

ثم مقاربة على أساس رياضي بين المذهب الفيثاجوري ومذهب الأريستوكسينوس ، مستمدة من كتاب  
بطلميوس Harmonics

( ٦٧ ) Leirima معناها الباقي وتستخدم في الموسيقى لتعيين المسافة  $\frac{256}{243}$  التي تبقى بعد قياس  
نغمتين  $\frac{9}{8}$  من الرابعة أو النوتر الرباعي ،  $\frac{9}{8} \times \frac{9}{8} \times \frac{9}{8} = \frac{256}{243}$  . وبلوتارك م يفهم المسافة  $\frac{256}{243}$   
وظن أنها ٢٥٦ - ٢٤٣ أي ١٣ .

( ٦٨ ) لسبب من هذا القبيل - هو نظرية الموسيقى عند الفارابي - زعم عرب اليوم  
أن اللوجارتمات من اختراع العرب ، إيزيس ٢٦ ، ٥٥٢ ، ( ١٩٣٦ ) . وهي دعوى لا مسوغ  
لها لما أن الفكرة العربية استعيرت من اليونان ، والفكرة اليونانية ذاتها كانت مصادفة غربية ،  
لا اختراعاً مقصوداً .

( ٦٩ ) نشأت الرباعية في البلاد اليونانية ، لكن نجاحها في الغرب - منذ عهد بوتينيوس -  
كان أتم . وليس في لغة اليونان كلمة مفردة تؤدي معنى الرباعية ، فكتاب جورجيويس باشيميرس  
( في النصف الثاني من القرن الثالث عشر ) عنوانه

Syntagma tōn tessarōn mathēmatōn (Stephanuo edition Rome; 1940) [Isis 34, 218-219  
(1942-43) ].

Paul Henry Láng, *Music in Western civilization* (1124 pp., ill.; New York: ( ٧٠ )  
Norton, 1941) [Isis 34, 182-186 (1942-43) ]. Gustave Reese, *Music in the Middle  
Ages, with an introduction on the music of ancient times* (520 pp., 8 pls.; New York:  
Norton, 1940) [Isis 34, 182-186 (1942-43) ].