الفصل العشرون

الرياضة والفلك والطبيعة فى عصر أرسطو

١ — الرياضة :

أرسطو الرياضى :

قضى أرسطو عشرين سنة فى الأكاديمية أو متصلا بها عن كثب، فلم يكن له بد من أن يكون رياضيًّا. ولم يكن محترفاً كيودكسوس أو مينايخموس أو ثيوديوس ، ولا هاوياً كأفلاطون . ولنا على ذلك دليلان ، إيجابى وهو مجموع تحقيقاته الرياضية[١] ، وسلبى وهو زهده فى المعميات والأباطيل التى حطت من قدر تفكير أفلاطون . ولقد كان دربآ بالرياضيات ، وإن تخلف بعض الشىء عن مستواها فى عصره ، وجنح إلى تجنب الصعاب الفنية . وربما كان على علم بآراء يودكسوس ، ولكنه كان أقل إلماماً بآراء غير يودكسوس من معاصريه ، أمثال مينايخموس . وكثيراً ما يشير إلى الكميات التى لا يتسنى قياس بعضها ببعض . والمثل الوحيد الذى ذكره هو أبسط الأمثلة ، وهو أهمية قطر المربع بالنسبة لضلعه .

كان أرسطو أولا وبالذات فيلسوفاً ، وكان فى علمه بالرياضة ما فيه الكفاية للفيلسوف . وهو — إذا اعتبرنا جميع نواحيه — أحد الرياضيين العظماء بين الفلاسفة ، لم يبزه سوى ديكارت وليبنتز وأغلب أمثلته للطريقة العلمية مستمد من خبرته الرياضية .

وأرسطو فى ترتيبه للعلوم يعد أدقها أقربها إلى المبادئ الأولى . وعلى هذا الأساس جعل الرياضيات أولا ، وجعل الحساب قبل الهندسة[٢] . 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 القواعد المشتركة « قانون اطراح الوسط » (الشيء لا يكون إلا مقبولا أو مردوداً) و « قانون التناقض » (الشيء لا يكون موجوداً ومعدوماً فى آن واحد) و « إذا طرحت أشياء متساوية من أشياء متساوية فلا بد أن يكون الناتج متساوياً » . أما التعاريف فيجب أن تكون مفهومة ، وليس من الضرورى أن تتعرض لوجود الشيء المعروف أو عدم وجوده فيجب فى الحساب أن نفرض وجود الوحدة أو « المونا د »monad . وفى الهندسة وجود النقطة والخط . أما الأشياء الأكثر تعقداً ، مثل المثلثات والمماسات ، فيجب أن يبرهن وجودها ، وأفضل البراهين إنشاؤها بالفعل .

وأعظم خدمات أرسطو فى الرياضيات بحوثه الحذرة فى الاستمرار واللانهاية . وعنده أن اللانهاية لا توجد إلا بالقوة ، ولا توجد بالفعل . وآراؤه فى هذه المسائل الأساسية — بعد أن شرحها وأضاف إليها كل من أرشميدس وأبوللونيوس — هى أساس علم التكامل الذى كشفه فى القرن السابع عشر فرما ، وجون واليس ، وليبنتز وإسحق بارو ، وإسحق نيوتن (وهذا عكس البحث المفكك الذى قام به كبلر وكفاليرى [٣] عند معالجتهما الكميات التى زعموها لانهائية 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 فى إثبات هذا الفضل لأرسطو فى كتابنا هذا وهو موضوع لغير الرياضيين . ولقد كان أرسطو متيناً ثبتاً ، غير أنه لم يكن خلاباً . أما أفلاطون فكان خلاباً وإن لم يكن متيناً ولا ثبتاً . وأرسطو ومعاصروه هم واضعو خير أساس للأعمال المجيدة التى قام بها من بعدهم أقليدس وأرشميدس وأبوللونيوس . أما أفلاطون ففتن الذين اقتدوا به فكان عونا على بث الحماقات فى الحساب والهندسة ، وجر الناس إلى غير ذلك من الأباطيل . كان أرسطو المعلم الأمين ، أما أفلاطون فكان الساحر الفاتن ، كان الزمار

الأبلق 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 حبب إليهم الرياضيات ، ولكنهم لم يتبعوه فى غير ذلك ، بل أنقذتهم عبقريتهم من أخطائه .

سپوسيپوس الأثينى : Speusippos 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 سپوسيپوس وكزينوكراتيس . ويقول بروكلوس[٤] إن الأخوين مينايخموس ودينوستراتوس كانا صديقين لأفلاطون وتلميذين ليودكسوس . وكتب ثيوديوس المجنيزى كتاباً يدرس فى الأكاديمية . أما يوديموس الرودسى ، وهو الذى يقتبس منه على أنه من تلامذة أرسطو وثيوفراستوس . فلا مفر من نسبته لليكيوم . على أنه لا سبيل إلى الجزم بشىء فى هذه الأمور ، فإنا 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 رياسة الأكاديمية ابن أخيه (أو ابن أخته) سپوسيپوس . وتدل الشذرات الباقية من مؤلفه « فى الأعداد الفيثاغورية » على أنه استمد كتابه هذا من فيلولاوس ، وأن موضوعه الأعداد المضلعية والأعداد الأولية إزاء الأعداد المركبة ، والمجسمات المنتظمة الخمسة

كزينوكراتيس الخلقدونى[٥] :

لما مات سپوسيپوس جرى انتخاب لاختيار رئيس جديد للأكاديمية . فكانت تتساوى الأصوات التى نالها كل من هيراكليدس البونتى وكزينوكراتيس الخلقدونى ، وكانت النتيجة فوز كزينوكراتيس ، فرأس الأكاديمية وظل رئيساً لها خمساً وعشرين

سنة (٣٣٩ – ٣١٥) . ويلاحظ أن أرسطو وهيرا كليويس وكزينوكراتيس كانوا جميعا من أهل البقاع الشمالية ، وأن الرئيس الجديد كان صديقاً لأرسطو ، ويتردد ذكره فى 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 طالبى الالتحاق بالأكاديمية الذين ينقصهم العلم بالهندسة ، حتى يروى إنه قال لأحدهم : انصرف فإنك لا تملك وسيلة بها تستطيع التمكن من الفلسفة[٦] . ولا نرى ما يمنع من أن تكون هذه القصة صحيحة .

ولكزينوكراتس رسائل كثيرة ضاعت كلها ، ويبدو من عناوينها أن بعضها كان موضوعه الأعداد والهندسة[٧] ، وأن الخلاف القديم فى مسألة الاتصال – وهو الخلاف الذى صور أبدع تصوير فى متناقضات زينون – قد ساقه إلى فكرة الخطوط غير القابلة للانقسام . ولقد حسب عدد المقاطع التى يمكن أن تتكون من الحروف الأبجدية (هذا العدد – على رواية بلوتارخ – هو ر . . . ر . . . ر . . . ر٢ . . . ر١)وهذه أقدم مسألة معروفة عن التحليل التوافيقى[٨]. ومما يحزن أنا لم نوفق لأن نعرف من أعماله غير هذا القدر الضئيل الذى ذكرناه .

مينايخموس : Menaichmos

مينايخموس ودينوستراتوس أخوان لا نعرف من أمرهما سوى ما جاء فى فقرة قصيرة من شرح بروكلوس على الكتاب الأول من أصول إقليدس حيث يقول : « لقد جعل الهندسة إلى الكمال أقرب كل من أميكلاس الهرقلى ، أحد أصدقاء أفلاطون ، ومينايخموس الذى تتلمذ ليودكسوس وأخذ عن أفلاطون. وأخوه دينوستراتوس »[٩] .

ولا ندرى أين ولد الأخوان ، ولا متى ولدا . ولكنا نعلم أنهما أقاما فى أثينا ، والتحقا بالأكاديمية ، وسمعا من أفلاطون ثم من يودكسوس . فلنا أن نستخلص أنه كانت لهما مكانة معروفة حوالى منتصف القرن .

ولقد اهتما معاً بإنشاء التركيب الهندسى ، وكان مينا يخموس مولعاً بالمشكلة

القديمة، مشكلة تضعيف المكعب، هذه المشكلة التى 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 لحلهما 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 مستوياً يقطع مخروطاً دائرياً قائماً بحيث يكون عمودياً مع أحد الرواسم. ويمكن الحصول على القطوع الثلاثة المختلفة (ويظهر أنه فرق بينها)بزيادة زاوية رأس المخروط [١٠]. 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 المزاول [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 أهناك 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 جميعا[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

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

ثيوديوس المجنيزى : Theudios of Magnesia

يقول بروكلوس : برع ثيوديوس المجنيزى فى الرياضيات وفى غير الرياضيات من شعب الفلسفة وقد رتب الأصول ترتيباً جميلا ، وعمم كثيراً من النظريات الجزئية [١٣] .

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

يوديموس الرودسى : Eudemos

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

كان فى الربع الثالث من القرن عالماً له مكانته ، وأنه كان من رجال الليكيوم . وقد نقل عنه بروكلوس فى أربعة مواضع من شرحه على الباب الأول من كتاب إقليدس ، وسماه يوديموس المشاء [١٤]. ومن المؤلفات المعزوة إليه ، وقد فقدت ، تواريخ الحساب والهندسة والفلك . فهو أول مؤرخ للعلوم [١٥] . ومع أنه لم يبق من مؤلفاته غير نبذ متفرقة فلا نعدو الصواب إذا قررنا أن مؤلفاته هى المنبع الأكبر الذى منه استقينا ما وصل إلينا من معلومات عن الرياضيات قبل إقليدس . ومن أجل تلك النبذ النبذة الخاصة بتربيع الأهلة الذى قام به أبقراط الخيوسى ، وقد تكلمنا فيه من قبل .

وظهور مؤرخ للرياضة والفلك فى هذا الزمن له مغزاه ، فهو يثبت أنه أنجزت فى هذين الميدانين أعمال بلغت من الكثرة ما يجعل العرض التاريخى لها ضروريًا . فلنذكر مع الاعتراف بالجميل اسم أول مؤرخ للرياضيات ، ولنعد وجوده فى أثينا حوالى سنة ٣٢٥ دليلا جديداً على مجد اليونان [١٦] .

أريستايوس الكبير [١٧] . Aristaios the Elder :

هو خاتمة رياضيّ هذا القرن ، وهو الصلة بين عصر أرسطو وعصر إقليدس ، وإليه يعزى كتابان على جانب كبير من الطرافة ، أحدهما فى المحال الهندسية المجسمة المرتبطة بالقطوع المخروطية . أى أنه كتاب فى القطوع المخروطية باعتبارها محال هندسية . فهو أسبق من كتاب إقليدس فى هذا الموضوع [١٨] . وقد عرّف القطوع المخروطية المختلفة كما عرّفها مينايخموس بأنها قطوع 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 المخمس ذى الاثنى عشر وجهاً والمثلث ذى العشرين وجها إذا رسم كل من المجسمين فى دائرة واحدة [١٩].

ما كان أجمل هذه النتيجة ، وما كان أبعد توقعها . فمن ذا الذى كان يستطيع أن يدرى أن أوجه مجسمين مختلفين تقع على أبعاد متساوية من الكرة

التى تحتويهما . إذن فهذان المجسمان — ذو العشرين وجهاً وذو الاثنى عشر وجهاً — لهما خاصية ليست للمجسمات الثلاثة الأخرى . حقًّا ما أجمل هذه النتيجة فى صدقها إذا قورنت بأوهام أفلاطون ، فى هذا الموضوع .

الرياضيات فى النصف الثانى من القرن الرابع :

لم يشهد النصف الثانى من القرن الرابع انقلاباً فى التفكير الرياضى يشبه فى خصبه ما قام به يودكسوس الكنيدى . ومع ذلك كان ما جدّ من الرياضيات فى تلك الحقبة جليلا حقًّا . فرجال الليكيوم ، يتقدمهم أرسطو ، هذبوا التعاريف والبدهيات والأسس الفلسفية التى تقوم عليها . والعرض التاريخى الذى جاء به يوديموس يسر السبيل للقائمين بالتجميع والتنسيق . والأكاديمية واصلت فى عهد سبوسيبوس وكزينوكراتيس بحوثها الهندسية المختلفة التى أفضت إلى تأليف «الأصول» لئيوديوس . وكان الأخوان مينايخموس ودينوستراتوس ومثلهما أريستايوس هندسيين مبتكرين من الطراز الأول . ولمينايخموس وأريستايوس فضل السبق إلى البحث فى القطوع المخروطية .

الفلك

هيراكليديس البونتى :

هيراكليديس أكبر الفلكيين فى العصر الذى نبحث فيه ، لا لمجرد أنه أكبرهم سنًّا ، بل لأنه كان فذًّا بينهم ، ولو قبل أرسطو وكان مولده فى هيراكليا بونتيكا[٢٠] حوالى سنة ٣٨٨ ق . م . وعاش حتى العقد التاسع من هذا القرن (حوالى سنة ٣١٥ — ٣١٠) . ولقد سماه بعضهم « براسيلسوس العصر القديم » وهى تسمية لا قيمة لها ، لكنها ذات مغزى سواء أكانت مدحاً أم ذمًّا . وتشبيهه برجل جاء بعده بسبعة عشر قرنا يؤدى إلى متاعب ما أغنانا عنها . والأولى تشبيهه بسلفه إمبادوكليس ، فهو الرجل الذى قدره هيراكليديس ولم يأل جهداً فى السير على نهجه .

ولا نكاد نعرف من سيرته شيئاً سوى أنه كان من ذوى الثراء ، وأنه هاجر إلى أثينا ، وتتلمذ لأفلاطون وسبويسيبوس ، ولعله تلقى عن أرسطو أيضاً. فلما مات سبويسيبوس سنة ٣٣٩ وخلفه كزينوكراتس ، صديق أرسطو ، رجع هيراكليديس إلى بلده . وله مؤلفات كثيرة فى الفلسفة والميثولوجيا لقيت شيئاً من الرواج بين اليونان ، وراجت بين الرومان فى القرن الأخير قبل الميلاد . فمثلا أعجب به شيشرون . ويمكننا أن نتبين أثر هيراكليديس فيه من « حلم سكبيو »[٢١] وكما ، فعل أفلاطون من قبل فى أسطورة Er كتب هيراكليدس أسطورته Empedotimos[٢٢] تناول فيها بالبحث أسرار الآخرة ، وعنده أن مقرّ الأرواح بعد مفارقتها الأجساد هو المجرة ، كأنما كان يرى أن الأرواح نورانية .

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

وقبل أن نخوض فى الحديث عن الفلك عند هيراكليديس نقول كلمة عن علاقته بإمبادوكليدس. يرى إمبادوكليدس أن العوامل فى العالم العناصر الأربعة وقوتان متعارضتان هما التحابّ 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 تتماسك بواسطة نوع من التحاب الذى يذهب إليه امبادوكليس[٢٣].

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

الأفلاطونية بسط نظريته ، وخلاصتها أن الكون لا نهائى ، وأن الأرض فى 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)[٢٤] . وقد لقيت هذه المجموعة الأرضية الشمسية رواجا كبيراً ، غير أنها لم تدعم بالأرصاد حتى تستحق أن يقبلها رجال الفلك فى زمن هيراكليديس لكن الفروض التى اشتملت عليها لم تندثر حتى بعثت على يد خالكيديوس (فى النصف الأول من القرن الرابع) وماركوبيوس (فى النصف الأول من القرن الخامس) ومارتيانوس كابلا (فى النصف الثانى من القرن الخامس) وجون سكونس أريجينا (فى النصف الثانى من القرن التاسع) ووليم الكونشوسى (فى النصف الأول من القرن الثانى عشر[٢٥]) .

ومجموعة هيراكليدس إذا نظرنا إليها من وجهة النظر الحديثة توفيق بين مجموعة بطلميوس (ومركزها الأرض) ومجموعة كوبرنيكوس (ومركزها الشمس). وقد غلا بعض المؤرخين فشبهوا هيراكليديس من أجل ذلك بتيخو[٢٦]، وهذا إسراف لأن التوفيق الذى قال به تيخوبراهة (١٥٨٨ . ونشر فى ١٦٠٣) ونيكولاس ريمر (١٥٨٨) أعمق . ففيه أن جميع الكواكب — لا اثنين منها فقط — تدو حول الشمس . ومن الغريب أن اليسوعى جيوفانى باتستا رتشيولى فى كتابه « المجسطى الحديث » الذى نشر بعد ذلك بنصف قرن (بولونيا ١٦٥١) كان أدنى بعض الشىء إلى هيراكليدس . فقد سلم بدوران ثلاثة كواكب حول الشمس ، ودوران الكوكبين الأكثر بعداً (المشترى وزحل) حول الأرض[٢٧] .

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

كاللیبوس الكيزوكى : Callippos of Cyzicos

وصل أرسطو وكاللیبوس ما انقطع من أعمال يودكسوس ، وكانا يعملان معاً فى الليكيوم . ويظهر أن كاليبوس — وإن كان أصغر سنًّا من أرسطو — كان المقدّم فى البحث الفلكى ، وهذا طبيعى لأن أرسطو اضطر إلى أن يشغل نفسه بالمعهد كله ، وبالتعليم المنطقى والفلسفى ، فإذا نزعت نفسه إلى بحوث خاصة به انصرف فى أغلب الظن إلى البحث فى علم الحيوان ، أو خصص له زمناً أطول .

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

عنى كاللیبوس أيضاً بإصلاح التقويم ، ولم يكن أحد قد أقدم على تغيير ما استقر عليه التقويم فى أثينا سنة ٤٣٣ على يد ميتون و يوكتيمون . وقد تمكن — باستخدام أرصاد أكثر دقة للانقلابين والاعتداليين — من تقرير مدد للفصول أقرب إلى الحقيقة . فقد وصل إلى أن مدتها — ابتداء من فصل الربيع — هى ٩٤ يوما

و ٩٢ و ٨٩ و ٩٠ ، والخطأ فى هذا التقدير يتراوح بين ٠٨ و ٠,٤٤ من اليوم . وقد أدخل تحسيناً فى الدورة الميتونية ذات التسعة عشر عاماً . بإسقاط يوم واحد من كل أربع دورات أى ٧٦ سنة . وربما يكون بدء الدورة الجديدة فى ٢٩ يونية سنة ٣٣٠[٣١]. والمقارنة بين تقويم كاليبوس ودورة ميتون تعطينا مقياساً لمدى تقدم الأرصاد الفلكية فى قرن .

أرسطو الفلكى :

آراء أرسطو فى الفلك مبسوطة فى Metaphysics lambda وفى Physics وفى De caelo[٣٢] ثم فى شرح سيمبلكيوس. وآراؤه تدل على أنه لم يؤمن بنظرية الكرات المتحدة المركز ، حتى بعد أن استوفاها كاليبوس . وفى ذلك يقول هيث: رأى أرسطو وهو ذو المنهج الواقعى، أن لابد من تحويل النظرية إلى عملية ميكانيكية . فاتخذ لذلك كرات مادية من أصداف ، بعضها داخل بعض ، ويعمل بعضها فى بعض بطريقة آلية، وقصد بذلك أن تكون لديه مجموعة واحدة من الكرات للشمس والقمر والكواكب ، بدل أن يكون لكل جرم سماوى مجموعة مستقلة خاصة به . واتخذ لهذا الفرض مجموعة من الكرات المتفاعلة بين مجموعات متتابعة من الكرات الأصلية . فإذا كان زحل مثلا يتحرك بمجموعة من أربع كرات فهناك ثلاث كرات متفاعلة لتعادل الكرات الثلاث الأخيرة ؛ لكى يتسنى للكرة الخارجية أن تعمل كالكرة الأولى من الكرات الأربع المحدثة لحركة الكوكب الأدنى — المشترى — وهلم جرًا . كان فى مجموعة كاليبوس ٣٣ كرة ، فأضاف إليها أرسطو ٢٢ كرة متفاعلة ، فيكون الكل ٥٥ كرة. لكن هذا التغيير لم يترتب عليه تحسين فى النظرية[٣٣] .

ذلك مثال من تفكير أرسطو . يهيم بإيضاح حركة الكواكب إيضاحاً ميكانيكيًا 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 بشىء 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 بصددها .

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 كمثله 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 المحب فيمن يحب . وهذا يتضمن أن الأجرام السماوية ليست إلهية فحسب ، وإنما هى حية وحساسة ، وفيه زيادة تأييد 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 فى شكل الأرض ومقدارها وجدناه إلى الحقائق أدنى . فعنده أن الأرض كرية لا محالة لكى يتحقق التماثل والتوازن ، ثم إن العناصر التى تتراكم عليها تأتيها من جميع نواحيها ، فلا بد لهذه المتراكمات من أن تكون على شكل كرة . زد على ذلك أن حافة الظل أثناء خسوف القمر مستديرة دائما ، وإذا سار الإنسان شمالا أو جنوباً تغير وضع نجوم السماء ، فتظهر نجوم لم يكن يراها من قبل ، وتختفى نجوم كان يراها . وكون تغير ضئيل فى موضعنا (على خط الزوال) يؤدى إلى مثل هذا الاختلاف الكبير برهان على أن الأرض صغيرة بالإضافة إلى غيرها. وإليك ما يقول أرسطو فى ذلك :

هناك تغير كبير ، أعنى فى النجوم التى فوق رءوسنا . وإذا سار الإنسان شمالا أو جنوبا فإن النجوم التى تظهر له هى غير النجوم التى كان يراها من قبل ، والواقع أن بعض النجوم التى ترى فى مصر وعلى مقربة من قبرص لا يمكن رؤيتها فى الأقاليم الشمالية . والنجوم التى لا تغيب أبداً فى الشمال تطلع وتغرب فى البقاع الجنوبية . كل هذا دليل على أن الأرض مستديرة ، وعلى أنها كرة ليست كبيرة المقدار . ولولا أنها كذلك لما كان لهذا التغير الطفيف فى المكان هذا الأثر العاجل . ومن ثم لا ينبغى أن نجاوز الحد فى ردّ رأى القائلين بأن هناك اتصالا بين الجهات المحيطة بعمودى هرقل The Pillers of Hercules (جبل طارق) والجهات التى حول الهند ، وبما يترتب على ذلك من أن المحيط واحد . ولهؤلاء دليل آخر هو وجود الفيلة فى هذين الإقليمين مع بعد الشقة بينهما . فكأنهم يرون فى اشتراك الإقليمين فى هذه الخاصية دليلاً على اتصالهما. وتتضح كرية الأرض أيضاً مما قام به الرياضيون من محاولة حساب محيط الأرض ، فقد وصلوا إلى أنه ٤٠٠,٠٠٠ غلوة Stades . وهذا يبين أن كتلة الأرض كرية الشكل ، بل يبين أيضا أنها صغيرة بالإضافة إلى النجوم (٣٧).

وربما عنى بالرياضيين الذين أشار إليهم يودكسوس وكاليبوس ، وتقديرهما

كما جاء فى 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 التى قام بها كريستوف كولمب فى سنة ١٤٩٢ .

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

ذكر سيمبليكوس فى شرحه لكتاب De caelo أن لدى المصريين كنزاً من الأرصاد عن ٦٣٠,٠٠٠ سنة وأن البابليين جمعوا أرصاد ١٤٤٠٠٠٠ سنة[٣٩]. ونقل سيمبليكوس عن بورفيريوس تقديراً متواضعاً، حيث ذكر أن الأرصاد التى أرسلها كاليستينس من بابل بناء على طلب أرسطو كانت عن ٣١٠٠٠ سنة . وكل هذا إلى الخيال أقرب ، وإن كان من الثابت أنه كان فى 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 فى بلادهم ، ففى بلادهم آثر رجال العلم أن ينقطعوا للبحث الفلسفى ، كل على طريقته ، ولم توجد قط على مر العصور هيئة ترى الدأب على جمع الأرصاد الفلكية . وما مبالغات سيمبليكوس إلا شهادة بقدم علم الفلك عند المشارقة، وباتصاله اتصالا يدعو إلى الإعجاب .

ولنرجع إلى أرسطو فنقول إنه مع علمه بالفلك المصرى والفلك البابلى لم تكن حاجته إلى أرصاد المصريين والبابليين ماسة كحاجة المحترفين أمثال يودكسوس وكاليبوس. ولكونه فيلسوفاً كان همه المسائل ذات الصبغة العامة التى لا تجدى فيها الأرصاد كثيراً . فنجد مثلا فى كتاب De caelo بحثاً فى شكل السماوات وشكل النجوم ، ومادة النجوم والكواكب (وهى عنده الأثير) والتوافق الموسيقى 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 . وحينما يسأل السؤال الحق تتقدم العلوم تقدماً هائلا . والسؤال الصحيح يكاد يكون نصف الحل . لكن الاهتداء إلى هذه الأسئلة الصحيحة من أول الأمر لا يكاد يتوقع .

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

أوتوليكوس البيتانى Autolycos of Pitane :

لكى نكمل عرضنا للرياضة والفلك فى هذا العصر الذهبى لا بد من أن نتكلم عن رجل عظيم هو أجمل خاتمة لهذا العصر . ذلك هو أوتوليكوس البيتانى . ولد أوتوليكوس فى بيتان[٤١] فى النصف الثانى من هذا القرن ، وربما يكون قد بلغ المكانة المرموقة فى السنين العشر الأخيرة من هذا القرن . وهو معاصر لإقليدس أسنّ 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 المألوف . على أن بيتان كانت بلدة فيها ثقافة ، وكانت مرفأ ممتازاً ، يقابل ليسبوس ، وهى لا تبعد كثيرا عن أسوس حيث علم أرسطو . ونعلم أن أوتوليكوس كان أستاذ مواطن له هو أرسيسلاوس البيتانى (٣١٥ — ٢٤٠) مؤسس الأكاديمية الوسطى . وهذا يشعر بأنه كان يقيم فى بيتان ، ويعين على وجه التقريب وقت إقامته بها ، وأنه كان فى أخريات القرن .

وإذا كان الجهل بسيرته قد بلغ المبلغ الذى قدمناه فإنا نعلم على وجه اليقين أن له كتابين عظيمين فى الرياضيات هما فى بابهما أقدم الكتب اليونانية التى وصلت إلينا كاملة . فنحن على بينة من مؤلفاته ، ولكنا 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 حلا[٤٣] كما يتبين من مجادلته أريستوثيروس .

أما الكتابان اللذان وصلا إلينا فهما فى هندسة الكرة[٤٤] . ولما كان المفروض أن النجوم كلها على كرة واحدة (وعلى أية حال يمكن للإنسان دائما أن يعتبر مساقطها المركزية على الكرة) فإن المسائل الرياضية الخاصة بالعلاقات بينها هى مسائل تدخل فى هندسة الكرة . فمثلا 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 حلولا هندسية .

هذان الكتابان ممتعان حقًّا ، بصرف النظر عن قيمتهما العملية ، ممتعان من حيث إنهما صيغا فى قالب إقليدىّ قبل أن يظهر كتاب إقليدس . ذلك أن النظريات فيهما تتسلسل بترتيب منطقى ، 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 كتابى أوتوليكوس لم يكونا أول الكتب فى هندسة الكرة ، بل يسبقهما كتاب واحد — على أقل تقدير — لم يصل إلينا ، وبقى شىء من خلاصته فى كتاب Sphaerics تأليف ثيودوسيوس

البيثيني (فى النصف الأول من القرن الأول قبل الميلاد) وفيه برهنة نظريات لم يبرهنها أوتوليكوس .

وأول كتابى أوتوليكوس وعنوانه « فى الكرات المتحركة » يبحث فى صريح هندسة الكرة . أما الكتاب الثانى وعنوانه « فى الطلوع والغروب » (يعنى طلوع الكواكب وغروبها) فهو إلى الفلك أقرب ، أى إنه ينطوى على أرصاد . ويمنعنا ما فيهما من الفنّ من أن نحلل محتوياتهما فى 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 فى مجموع سمى « الفلك الأصغر » (فى مقابل « المجموع الأكبر » وهو المجسطى لبطلميوس) وقد وصل الفلك الأصغر كاملا إلى علماء الفلك من العرب ، وأصبح بعد ترجمته إلى العربية جزءاً أساسيًّا مما أسموه « كتاب المتوسطات »[٤٥] ومبدأ « الاتحاد قوة » يسرى على الكتب كما يسرى على الناس ، فحينما تصبح الكتب أجزاء من مجموعة متجانسة فكل منها يعين على بقاء غيره .

الفلك فى عصر أرسطو :

كان أكبر عمل فى ميدان الفلك هو ما قام به كاللبيوس من إكمال نظرية الكرات المتحدة المركز . ويمكن أن يعد هذا من مفاخر الليكيوم . وقد كان اليونانيون نظريين أكثر منهم راصدين . لكن التوفيق صاحبهم إذ أتيح لهم كنز من الأرصاد المصرية والبابلية . غير أن معرفة مدى انتفاعهم بهذا الكنز يشبه أن يكون متعذراً إلا فى الجملة ، فليس لدينا سوى ثمرات انتفاعهم بتلك الأرصاد ، 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 يونانى مهد للفلك الكوبرنيكى . وفى نهاية القرن كان أوتوليكوس يضع الأساس الهندسى للفلك . وساعد أرسطو فى

تقرير مسائل فلكية وفى شرح صلتها بسائر أنواع المعرفة .

وليلاحظ أن أحداً من هؤلاء لم يكن من صريح بلاد اليونان . فقد ولدوا فى مقدونيا (ستاجيرا) أو فى آسيا الصغرى (هيراكليا بونتيكا . وكيزيكوس ، وبيتان) .

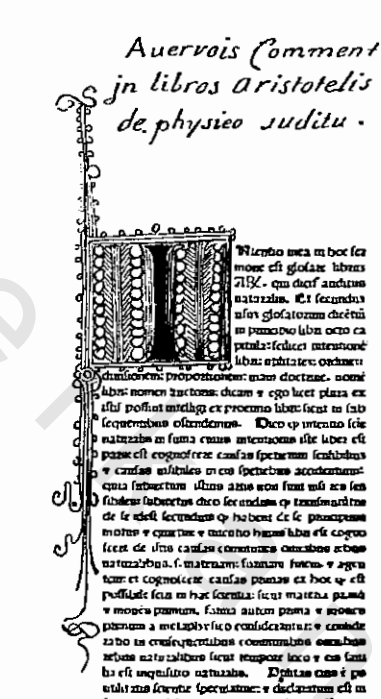
الطبيعيات :

الطبيعيات فى أوائل عهد اللكيكيوم :

لا بد أن يكون أرسطو وزملاؤه والشباب من تلاميذه قد وقفوا كثيراً من وقتهم على البحث فى المسائل الطبيعية ، وهم فى ذلك لم يعدوا التقليد الأيونى القديم ، وإن كان بحث أرسطو وأصحابه أكثر تركزاً . نعم كان جزء من هذه البحوث فلكياً ، وذلك لأن الفلك كان دائما مختلطاً بالطبيعيات . غير أن الميزة الكبرى لصريح علم الفلك ، ومن أهم أسباب تقدمه المبكر . أن بعض مشاكله ، على أقل تقدير ، كانت محددة ؛ فأمكن عزلها من ذاك الخليط فى شىء من اليسر . ومن أمثلة ذلك تعليل الشذوذ المطرد فى حركة الكواكب ، ثم أشكال الأرض والكواكب والمسافات بينها ومقاديرها . ولم يقتصر الفلكيون على مجرد تقرير هذه المسائل ، بل عرضوا حلولا لما 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 فى العالم الدنيوى ، والمسائل الفلكية تبحث فى القمر وما وراءه .

والطبيعيات عند أرسطو . أو الطبيعيات المشائية على الأصح . مدونة فى 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 وفى كتاب ما بعد الطبيعة



شكل (٩٣)

بدء ظهور الطبيعيات لأرسطو فى ترجمة لاتينية Physica sive De Physico auditu (بادوا ، ١٤٧٢–١٤٧٥) ؛ (كلبس ، ٩٣ – ١) ، وهو أول طبعة لكتاب الطبيعيات فى أية لغة . ويشمل الكتاب مزدوجاً مع شرح ابن رشد (النصف الثانى من القرن الثانى عشر) . والطابع المجهول هو لورفزيوس كانوزيوس ، فى بادوا من (بإذن المكتبة الأهلية بباريس) .

Metaphysica . وأزمنة بعض هذه المؤلفات غير معروفة على وجه اليقين ، فمثلا كتاب الميكانيكا يعزى أيضاً إلى ستراتون اللمبساكى (فى النصف الأول من القرن الثالث قبل الميلاد) وكان معاصراً لإقليدس ، كما يعزى لأرسطو . وينسب الجزء الرابع من الأرصاد الجوية إلى ستراتون أيضا . ولننس هذه الخلافات ونحاول أن نبين الطبيعة التى كانت تتدارس فى الليكيوم فى القرنين الرابع والثالث .

ولكى نتجنب البلبلة يجب أن نحاول الإغضاء عن شىء آخر ، هو فكرتنا الآن عن الطبيعيات ، وهى نسبيا حديثة . ففى الزمن القديم ، وفى القرون الوسطى ، بل وإلى القرن السابع عشر ، كانت الطبيعيات تبحث فى دراسة الطبيعة عموما العضوية وغير العضوية .

وطبيعيات أرسطو[٤٦] تتركز فى نظرية الحركة أو التحول . والحركة عنده أربعة أصناف :

١ — الحركة المكانية — المعروفة لنا — وهى النقلة من مكان إلى مكان آخر . وقد أدرك أرسطو أن هذه الحركة المكانية أساسية ، وأنها قد يكون لها وجود ، بل لها وجود فعلا ، فى سائر أصناف الحركة .

٢ — الكون والفساد والتحول . والتغيرات التى من هذا القبيل دائمة أبدية ، ولذلك لا بد لها أن تعود دوريًّا ، وهو التعويض ، لأنها لو كانت تحدث فى اتجاه واحد لما أمكن استمرارها إلى الأبد . والخلق عنده هو التحول من النقص إلى الكمال (كولادة كائن حى) ، والفناء هو التحول من صورة عليا إلى صورة أسفل منها (كالانتقال من الحياة إلى الموت) ، ولا وجود لخلق مطلق ولا لفناء مطلق .

٣ — التغيرات التى لا تؤثر فى الهيولى ، فربما تتحول الأشياء من صورتها الأولى إلى صورة غيرها ولكن هيولاها تبقى كما هى ، ومن هذا القبيل التغيرات التى تعترى جسم الإنسان من جراء إصابة أو مرض .

٤ — الزيادة والنقصان .

وكل حادث إنما يحدث بفعل إحدى هذه الحركات التى بيناها آنفاً . وعالم الطبيعيات يدرس هذه الحركات لذاتها ، ثم لأنها تزيده علما بالمادة حين تعتورها 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 فى 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 فى فصل سابق .

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

تلقى أرسطو عمن سبقوه نظرية العناصر الأربعة ، وقبلها ، لأنها ، على أقل تقدير ، وسيلة إلى تعليل التغيرات التى تحدث فى العالم الدنيوى الذى هو تحت فلك القمر ، ولتبيان العالم العلوى الذى هو فوق فلك القمر ، وهو عالم ثابت ، لم يجد أرسطو بدًّا من أن يفرض وجود عنصر خامس غير قابل للفساد ، هو الأثير . وقبل أيضاً الطبائع الأربع (الرطب واليابس والحار والبارد) قبلها ، أوْ على الأقل ، عدّها الطبائع الأساسية التى يمكن أن يؤول إليها غيرها (مثل الصلب والرخو) والصور لا تكون إلا للكليات الضرورية ، أما الجزئيات الفردية فعارضة تابعة لها . والصور هى التى يجب على العالم الطبيعى 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 يبدو بسيطاً ، لكنه بعيد المدى .

على أن أرسطو يستثنى من ذلك بعض الكائنات الأساسية ، مثل المحرك الأول أو العناصر ، وهى 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 فى إدراك حقائق الكون ، ولكن لا بد دون الوصول إلى الحقائق الكلية من القيام بكثير من التحليل والوصف والاستقراء ، وذلك أخص صفات المذهب العلمى الحديث .

وأرسطو وإن كان ينقل كثيراً عن ديموكريتوس ويكثر من امتداح آرائه ، يردّ النظرية الذرية ، وما يمكن أن يسمى مادية ديموكريتوس ، ويردّ القول بالفراغ (٤٧) ، لأنه لم يتصور وجود الحركة فى الأجسام دون وجود شىء 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 فى تطبيقها . ولقد قيل إن ديموكريتوس حاول أن يفسر كل شىء بوسائل ميكانيكية ، على حين أن تفسير أرسطو كان على أساس المادة من ناحية ، الصورة من ناحية أخرى .

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

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

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

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

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

والصعوبة الكبرى فى ميكانيكا الأرض (إذا ما قورنت بميكانيكا السموات) هى أن الأحداث التى تقع فى الطبيعة معقدة غاية التعقد . فلا سبيل إلى

استكناهها إلا إذا قام الذهن بعمليات تجريد فيها من الإقدام والجرأة شيء كثير لم يكن لأرسطو قبل به، لا لأنه أقل إدراكاً من جاليليو أو نيوتن، بل لأنه لم يتهيأ له ما تهيأ لهما من التجارب، فلم يتسن له أن يبدأ من الارتفاع الذى بدءا منه .

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

أما المجرة ، وهى أشبه بدائرة عظمى تشق السماء فى اتجاه دائرة الانقلاب ، فقد اعتبرت أيضاً ظاهرة أرصاد جوية كونها أبخرة يابسة حارة كالأبخرة التى تتكون منها الشهب . ولم يكن من المستطاع أن تفهم المجرة على خير وجه من هذا والتلسكوب لم يكن معروفاً . وقد فند كبلر رأى أرسطو ، وأثبت أن المجرة متحدة المركز مع الشمس على السطح الداخلى للكرة المبثوثة فيها النجوم .

وفى الكتاب — كتاب الأرصاد الجوية — وصف لظواهر متعددة وبحث

فيها ، مثل الشهب والمطر والندى والبرد والثلج 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 فى البصريات . فنقول إنه يرى رأى القائلين بمادية الضوء ، وأنه كريات تنبعث من الجسم المرئى أو تخرج من العين . ويذهب إلى أنه ظاهرة أثيرية (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 حرية بالتقدير على ما فيها من نقص . وقد شبهت نظريته فى الألوان بنظرية جوته ، وهى مقارنة ليس فيها كبير ثناء على جوته . ولكنها مفخرة لأرسطو [٥٢].

والحق أن وفرة المسائل الطبيعية فى مجموعة مؤلفات أرسطو تدعو إلى الإعجاب . ولكن ليحذر الناظر فيها أن ينزلق فيجاوز الحد فى تقدير ما يستشفه فيها من أفكار يحسبها نظائر للأفكار الحديثة ، على حين أنه لم يكن لها فى ذهن مؤلفها ما لها فى أذهاننا الآن من دلالات . ولا يغيبن 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 ذكى .

وربما يكون الكتاب الرابع من الميتور ولوجيا من عمل ستراتون [٥٣]. ولأنه وصل إلينا يمكن أن نعده أول كتاب مدرسى فى الكيمياء . وهو يعالج تكون الأجسام ، والعناصر والطبائع ، والكون والفساد ، والهضم وعسره ، والتجميد والتحليل ، وخواص الأجسام المركبة ، وما يمكن تجميده و إذابته وما لا يمكن ، والأجسام المتجانسة [٥٤] . والنتيجة النهائية هى أن الغاية والوظيفة أكثر ظهوراً فى الأجسام غير المتجانسة منها فى الأجسام المتجانسة التى تكونها . كما أنها أظهر فى الثانية منها فى العناصر . وقد فكر أرسطو (أوستراتون) تفكيراً عميقاً فى الفروق التى تحدث ، أو لا تحدث ، حينما يخلط جسمان مختلفان ، أيبقيان منفصلين ، أو قابلين للانفصال ، أم يتحدان فيخرج منهما شىء جديد ، فتزول صورتهما ،

أو لايوجدان إلا بالقوة ، وتخلق لهما صورة جديدة[٥٥] .

ذلك كله له فى النفس وقع أى وقع . ولا سيما إذا عرفنا أنه حتى نهاية القرن الثامن عشر لم يستطع الباحثون أن يتلمسوا طريقهم فى غياهب الكمياء . وقد وصل كل من أرسطو وستراتون إلى أقصى ما يمكن الوصول إليه فى 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 علاتها ، زمنا طويلا . ونقول هنا على وجه الإجمال إن الطبيعيات على مذهب أرسطو سيطرت على الفكر الأوربى حتى القرن السادس عشر ، وحينئذ أصبح الخروج عليها — وكان قدلبث قروناً يتجمع ويقوى . أكثر صراحة وشدة وأحسن ترتيباً وتنظيما . وفى منتصف ذلك القرن بلغ من تطرف راموس[٥٦] أن جهر ببطلان مذهب أرسطو بالكلية . ثم جاء جاسندى فى القرن التالى فمهد لتقويض بناء الطبيعيات عند أرسطو بأن بعث مذهب الذرية من مرقده . وجاء ديكارت[٥٧] فبنى بناء جديداً بالكلية وإن قبل بعض آراء أرسطو . ومع ذلك لم يطرأ تغيير ما على ما كان مألوفاً من التوسع فى مدلول الطبيعيات . ذلك أن العلم فى أية ناحية من نواحى هذا الميدان الفسيح لم يبلغ من الدقة المبلغ الذى يقتضى تمييز ناحية ما من سائر النواحى ، حتى كان يتسنى وجود علم الطبيعة بمدلوله الحالى[٥٨] .

كانت آراء أرسطو تردّ ، ولكنها لم تكن تنسى أو تهمل . بل بقى من المدرسين والمشائين من صمدوا للمقاومة ، وظل أرسطو حيًّا — وإن كان فى 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

بأقلهم شأناً — أريستوكسينوس الموسيقار ، أو على الأصح صاحب النظريات فى الموسيقى . كان أرسطو كثير الإقبال على الموسيقى ، لا من حيث قيمتها الخلقية فقط ، كرأى أفلاطون [٥٩] 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 ، فى آلة موسيقية ما ، أقساماً بنسب بسيطة (١ : ٣/٤ : ٢/٣ : ١/٢) فإنه يحدث تآليف جدّ لطيفة يرتاح لها السمع . وتوسع أرسطو [٦٠] فأجرى التقسيم بهذه النسبة فى أنابيب البوص [٦١] . وقد أدرك أهمية تكرار الاهتزاز . وإن كان قد خلط بينه وبين سرعة انبعاث الصوت ، وأخطأ ، كما أخطأ أرخيتاس ، فى ظنه أن سرعة الصوت تزيد تبعاً لزيادة درجته . وساءل نفسه : لماذا يزداد الصوت علوّاً فى صداه [٦٢] . والسؤال وجيه وفى صميم الموضوع . ولكن لم يوجد من يجيب عنه إلا فى سنة ١٨٧٣ حين جاء لورد راليه Rayleigh بنظريته فى توافق الأصداء [٦٣] .

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

وأغلب ما نعلمه عن أريستوكسينوس مستمد من سويداس (فى النصف الثانى من القرن العاشر) . وكان فى متناول سويداس كتب قديمة لم تصل إلينا ، لكن كل ما أخبرنا به أيدته تأييداً كافياً مصادر أخرى متعددة يوثق بها . كان مولد أريستوكسينوس فى تارنت وهى قريبة من البلد الذى نضجت فيه الآراء الفيثاجورية . وتلقى عن أبيه سبنثاروس وكان موسيقاراً ، وعن لامبروس الأثيرى ، وكسينوفيلوس الفيثاجورى [٦٤] . ثم عن أرسطو . وبعد موت الأستاذ الأكبر أختير ثيوفرستوس رئيساً لليكيوم . ولم يقع الاختيار على أرستوزينوس . فاشتعل غضباً . ويقول سويداس إنه كان معروف المكانة فى زمن الأولمبياد الحادية عشرة بعد المائة

(سنة ٣٣٦ — سنة ٣٣٣)[٦٥] وإنه كان معاصراً لذكايارخوس المسيني . ثم يقول إن مؤلفات أريستوكسينوس تتناول الموسيقى والفلسفة والتاريخ ، وكل مشاكل التربية . وقد بلغت هذه المؤلفات ٤٥٣ كتاباً .

وكتاب أريستوكسينوس الوحيد الذى وصل إلينا هو « أصول التوافق » ، وهو فى بابه أبرز كتب الأوائل . ثم هو بحالته التى هو عليها كما وصل إلينا أشبه بأن يكون ملفقاً 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 لقنها إياه سبنتاروس ولمبروس وكسينوفيلوس ، أو التى حصل عليها من تجاربه الخاصة . والكتاب ثلاثة أقسام : الأول يعالج العموميات ، ودرجة الصوت ، والنغمات ، والمسافات ، والسلالم ، 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 والتآليف الرباعية فى السلالم .

والجديد فى عمل أريستوكسينوس هو التعيين النظرى للمسافات الموسيقية . فهو يبتدئ من المسافات الفيثاجورية الثلاث ($\frac{٢}{١}$ و $\frac{٣}{٢}$ و $\frac{٤}{٣}$ 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 حسابيًّا (من غير استخراج الجذور) . فمثلا 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 عمليا بين الباقى Leimma[٦٧] ونصف النغمة ألجأ أريستوكسينوس

إلى نوع من حساب التفاضل والتكامل يعد من قبيل التفاضل والتكامل باللوغارتمات فالمسافات (وهى نسب) تحسب بواسطة وحدات تضاف . وهذا ممتع حقاً ، ومع ذلك فإنه يكون ضرباً من الحماقة أن نستنتج من هذا أن أريستوكسينوس هو الرائد الذى مهد السبيل لنابير Napier . وإذا كانت أشياء وأشياء قد تطرأ بين غمضة عين وانتباهتها كما يقولون، فما أكثر ما يطرأ بين الفكرة الأولى والنظريات التى تبنى 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 التوافيق (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 الفيزيقا .كانت الموسيقى علماً رياضياً — والفضل لأريستوكسينوس وفيثاجورس — على حين بقيت الفيزيقا فى مرحلة وصفية قريبة الاتصال بالفلسفة .

كان تأثير أريستوكسينوس فى الغرب قليلا ، 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 الاريستوكسينوس. 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 باريستوكسينوس ويتصل على يد سائر علماء الموسيقى فى الأزمنة البيزنطية والكلاسيكية . ومانويل نفسه من علماء هذا العصر الثالث عصر أريستركسينوس . والحق أن الموسيقى اليونانية من الناحية النظرية لم تصل قط إلى أكثر مما وصل إليه أريستوكسينوس، ومن الناحية العملية (من تأليف مقطوعات ، وضرب على آلات . وغناء . وتعليم) لم تتغير بعده تغيراً يذكر (٧٠) .

هذا ولم تكن الموسيقى عند الأقدمين مقصورة على الموسيقى بمدلولها الحالى بل شملت أيضاً الشعر ، فالشعر اليونانى كان يقرض ليتغنى به . وزيادة على ذلك كان للموسيقى وجهة كونية وخلقية . فنظرية التوافق فى الموسيقى إن هى إلا جزء من نظرية التوافق فى الكون جميعه ، أو فى نفس الإنسان . فالموسيقى كانت إذن شعبة من شعب الفلسفة ، كما كانت شعبة من شعب الرياضة ، وهى التى أدخلت العلوم الإنسانية فى الرباعية .

obeikandl.com

هوامش الفصل العشرين

(١) جمع سير توماس هيث كل النصوص الرياضية منقولة إلى الإنجليزية فى مجموع أسماه الرياضيات عند أرسطو (305 pp.; Oxford: Clarendon Press 1949) (Isis 41, 329 (1950).) ظهر بعد وفاته ، وجاء على خلاف ما كان يرجى منه . فقد رتب النصوص على حسب الكتب التى هى فيها (الأورجانون ، الطبيعة ، والسماء ، إلخ) بدل أن يرتبها حسب موضوعاتها . والكتاب مع ذلك سهل التناول ، ويوضح اتصال التفكير الرياضى 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) خلقيدونية فى بتينيا عند مدخل البوسفور ، فى مواجهة بيزنطة تقريباً . فهى إذن على الجانب الآسيوى من البوسفور حيث توجد الآن قاضى كوى إحدى ضواحى 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) نقلا عن : Diogenes Laërtios, IV, 11-15

(٨) Plutarch, Quaestiones convivales, VIII, g, 13, 733A.

(٩) Friedlein, Procli in primum Euclidis, p. 67 . ويجوز أن تكون إميكلاس مصحفة من أمينتاس . أصله من هيراكليا فى بنطس . ولا يعرف عنه شىء سوى ما جاء فى هذه العبارة .

(١٠) يقصد بزاوية المخروط هنا الزاوية الكلية ٢ ه وهى ضعف الزاوية التى 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 اليونانى (Friedlein, Procli in primum Euclidis, p. 67). غير جلى أما المعنى فى الجملة فلا شك فيه .

(١٤) Proclos; 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 ، وسيأتى الكلام عنه .

(١٦) لما أنشأ أوتو نوجيباور و يموند كلار أرشيبالد صحيفة خصصاها لتاريخ الرياضيات وانفلك أطلق عليها اسم يوديموس تقديراً لأقدم أسلافهم الروحيين . ولم يظهر منها إلا عدد واحد (Copenhagen, 1941) [Isis 34, 74 (1942-43)].

(١٧) أسميه أريستايوس الكبير كما جاء فى مجموعة بابوس التى نشرها ف . هلتش (Berlin, 1876-78), beginning of VII, vol. 2, p. 634.)

وكان قبله سمى له من علماء الرياضة ، أعنى أريستايوس 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 » فى أواخر عمره ، بعد سنة ٣٢٠ .[(1933) Isis 19, 382]

(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

وهبسكليس (فى النصف الأول من القرن الثانى قبل الميلاد)هو الذى عزا هذا الكتاب إلى أريستايوس فيما يسمى الكتاب ١٤ لأقليدس (نظرية ٢) .

(٢٠) لا بد من ذكر بونتيكا لأن كثيراً من المدن الإغريقية سميت باسم هرقل أبعد أبطال التاريخ صيتاً . وتقع هيراكليا بونتيكا على الساحل الجنوبى للبحر الأسود ، فى الجزء الغربى حيث ساحل بتنيا ، واسمها التركى الحالى ارجلى .

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

وكثيراً ماطبع ال Somnium مع شرحه الذى كتبه ماكروبيوس (فى النصف الأول من القرن الخامس) فكان الينبوع الأعظم الذى استمد منه الغرب اللاتينى الأفلاطونية ، بله ترجمة تيماوس المقتضبة التى ترجمها شالسيديوس فى النصف الأول من القرن الرابع) .

(٢٢)إمبيدوتيموس السيراكوزى. وليلاحظ أن إمبيدوتيموس و إمبادوكليس سيان من حيث الاشتقاق J. Bidez, Eos (Brussels: Hayez, 1945), pp. 52-59 [Isis 37, 185 (1947)].

(٢٣) لاسند لمقولة هذا بالتجاذب الجزيئى الذى اقترحه جومبرز ثم بيديه من بعده فى ص ٥٦ .

(٢٤) آراء هيراكليدس فى دوران الأرض حول محورها ينقلها يوتيوس سيمبليكوس (فى النصف الأول من القرن السادس) وآراؤه فى حركة عطارد والزهرة حول الشمس ينقلها فيتروفيوس (فى النصف الثانى من القرن الأول قبل الميلاد) وخالكيديوس (فى النصف الأول من القرن السابع) ومارتيانوس كابلا (فى النصف الثانى من القرن الخامس) . والترجمة الإنجليزية لما يقولونه موجودة فى :

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

(٢٥) كلمة فى قصور السيارات السفلى فى أوائل القرون الوسطى لتشارلز و . جونز : Isis 24, 397-399 (1936).

(٢٦) زعم الفلكى الإيطالى جيوفانى فيرجنيو سكيابرلى (١٨٣٥ – ١٩١٠) أن هيراكليديس سبق إلى ما رآه تيخو براهة ، بل إلى ما رآه كوبرنيكوس . وذاك زعم لن يجد من ينصره (من المقدمة المجلد الأول ص ١٤١).

(٢٧) جملة القول أنه بناء على رأى هيركليدس (حوالى ٣٥٠ ق . م .) يدور حول الشمس سيارات ، وبناء على رأى تيخوبراهة (١٥٨٨) يدور حولها خمسة ، وبناء على رأى رتشيولى (١٦٥١) يدور حولها ثلاثة .

(٢٨) يقول بهذا سمبليكيوس (فى النصف الأول من القرن السادس) فى كتابه « شرح كتاب أرسطو De caelo" » (طبعة هيبرج ١٨٩٤) ص ٥٠٥ ، ويعجب بوليمارخوس كيف تتمشى 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 فى اللمعان أضأل من أن يعتد به .

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

(٣٠) Metaphysics, 1073 B

(٣١) أما عن تقويم كاليبوس فارجع إلى جمنوس الرودسى (فى النصف الأول من القرن الأول قبل الميلاد) فى النسخة اليونانية مع ترجمتها إلى الألمانية ترجمة كارل مانيتيوس (Leipzig, 1898), pp. 120-122

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

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

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

(٣٥) فى نسخة De caelo مع ترجمتها ، طبع Loeb Classical Library سنة ١٩٣٩ (إيزيس ٣٢ – ١٣٦ (١٩٤٧ – ٤٩)) بيان ل و . ك . س . جثرى بعبارات أرسطو فى هذا الكتاب التى تنفى وجود المحرك الأعلى ، وبعباراته التى تنطوى على وجود هذا المحرك .

(٣٦) De caelo, 279 A

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

(٣٨) يستحيل أن نعرف مبلغ هذا التقدير من الدقة إلا بعد معرفة طول الغلوة أو برى دلر : « مقاييس الأرض قديماً » (إيزيس ٤٠ ، ٦ – ٩ (١٩٤٩) . فمحيط الأرض عند أرسطو ٤٠٠٠٠٠ غلوة ، وعند أرشميدس (فى النصف الثانى من القرن الثالث قبل الميلاد) ٣٠٠٠٠٠ ، وعند أراتوسنين (فى النصف الثانى من القرن الثالث قبل الميلاد) ٢٥٢٠٠٠ ، وعند بوسيدونيوس (فى النصف الأول من القرن الأول قبل الميلاد) ٢٤٠٠٠٠ ثم ١٨٠٠٠٠ ، وعند بطلميوس (فى النصف الأول من القرن الثانى) ١٨٠٠٠٠ . والإشكال فى أن الغلوة اختلف طولها باختلاف الأمكنة والأزمنة . فمن الجائز أن يكون مقدار بوسيدونيوس مقدار واحد لمقياسين مختلفين لطول الغلوة : ٢٤٠٠٠٠ : ١٨٠٠٠٠ = ٤ : ٣ = ١٠ غلوات للميل : ٧ $\frac{1}{2}$ من الغلوات للميل . والمفروض أن تقدير

أراتوستين أحسن تقدير فى العصر القديم (المقدمة – المجلد الأول ص ١٧٢) . وإذا كان تقدير كل من أراتوستنيس وبوسيدونيوس مبنياً على الفلوة التى تساوى – $\frac{1}{10}$ ميل فتقديراهما جد متقاربين لأن ٢٥٢ : ٢٤٠ = ٢١ ، ٢٠ .

(٣٩) Simplicios' Commentary (Heiberg ed.), p. 117, 25 أما فيما يتعلق بالفلك اليونانى (يودكسوس وكاليبوس) فسيمبليكوس يقتبس كثيراً من سوسيجنس المشاء (فلكى قيصر) الذى تهيأ له الانتفاع بتاريخ الفلك ليودس الروداماس ، وهو غير موجود (راجع هيبرج ص ٤٨٨ ، ٢٠).

(٤٠) نوقش هذا تكراراً فى مقدمتى . انظر مثلا المجلد الثانى ص ١٦ والمجلد الثالث صفحة ٤٨٤

(٤١) بتان كانت على شاطىء أيوليس (ميسيا – آسيا الصغرى) .

(٤٢) إقليدس فى كتابه Phainomena ينقل عن أرتوليكوس ، لكنه لا يذكر اسمه .

(٤٣) لا يعرف عن ارستوثيروس إلا أنه كان معلم أراتوس السولوى (فى النصف الأول من القرن الثالث قبل الميلاد) وسيمبليكوس يشير إليه (هيبرج ص ٥٠٤ ، ٢٥) . ولبوليبارخوس الكيزكى مثل هذا الاعتراض (فهل اعترضه مستقلا عن غيره ممن 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 traité de la sphére en mouvement et des levers et couchers (336 pp.; Louvain: Université de Louvain, 1950) [Isis 42, 147 (1951)].

(٤٥) كتاب المتوسطات (انظر المقدمة ، المجلد الثانى ، صفحة ١٠٠١) وفى طبعة موجنيه سنة ١٩٥٠ بحث وعيب فى أوتوليكوس باليونانية والعربية واللاتينية والعبرية . أما الفلك الصغير عنه فى كتاب موجنيه ص ١٦٦ ، ١٧٢ .

(٤٦) توخيا للسهولة سأتوسع – فى كثير من المواضع فيما يلى – فى مدلول الأرسطية . كل ما أقرره يمكن تأييده بنص من مجموع مؤلفات أرسطو . ولكن يجوز أن يكون هذا النص أو ذاك لا يعبر عن رأى أرسطو بالذات بل عن رأى ستراتون مثلا أو أى فيلسوف غيره معروف أو غير معروف وإذن فكل قول أقرره قد يستلزم بحثا طويلا ليس هنا محله .

(٤٧) غريب أن يكون أقطع قول له فى هذا الموضوع عبارة وردت فى كتابه De respirationeفى سياق كلامه عن تنفس الأسماك وهى : يقول أنكساجوراس أن الأسماك إذا فرغت من خياشيمها دخل الهواء أفواهها ، لأن الفراغ محال .

(٤٨) قال أرسطو بإمكان حركتين على الخط المستقيم ، وبحركة واحدة فقط على الدائرة . وكل حركات الأجرام السماوية التى كان على علم بها كانت فى اتجاه واحد . فهل الحركة فى الاتجاه المضاد مما لا يمكن تصوره؟ .

(٤٩) جروا على التعبير عن هذا المذهب الأرسطى بقولهم : الطبيعة تأبى الفراغ ، ولا علم لى بالأصل المضبوط لهذا 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 فى مجلة إيزيس ، المجلد السادس ص ١٣٨ (١٩٢٤) .

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

ولا مناص لى من أن أقول – وإن كان هذا القول غير ذى صلة بغرضى المباشر – إن براهة أشار فى كتاب سنة ١٥٨٨ هذا إلى أن مدار مذنب سنة ١٥٧٧ ليس دائرياً بل إهليجيا . وهذه أول مرة يذكر فيها فلكى مداراً ليس دائرياً ولا مركباً من دوائر . وقد نشر كشف كبلر المسارات الأهليلجية 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)].

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

(٥٣) Isis 3, 279 (1920-21)

(٥٤) Homoiomerous أى مكوناً من أجزاء متشابهة ، أى متجانساً . وضدها anoiomerēs أى متنافراً . وأرسطو يستعمل هاتين الكلمتين : homoiomerēs

(٥٥) مثال ذلك فى العلم الحديث أن صورة الإيدروجين والأكسجين تنعدم حينما تتحد جزئيات معينة من كل لتكون الماء ، وعندئذ لا يوجد أيدروجين فى الماء إلا بالقوة لا بالفعل .

(٥٦) بيير لارامیه (١٥١٢ – ٧٢) أحد ضحايا مذبحة سانت بارثلوميو .

(٥٧) جاسندى (١٥٩٢ – ١٦٥٥) وديكارت (١٥٩٦ – ١٦٥٠) متعاصران ، يكاد تعاصرهما يكون تاما . وكانا خصمين ، لكنهما معا سيطرا على الربع الثانى من القرن الذى عاشا فيه .

(٥٨) تأمل الكتاب الشهير Traité de Physique تأليف جالكروهو (باريس ١٦٧١) الذى ظل لمدة نصف قرن أهم الكتب المدرسية فى الطبيعة الديكارتية ، فهو لا يقتصر على الطبيعة البحتة بل يبحث فى علم الكون ، وفى الفلك ، والأرصاد الجوية ، والجغرافيا ، ووظائف الأعضاء ، والطب . ج . سارتون « بحث فى الكتب العلمية الدراسية قديماً » (إيزيس ٣٨ ، ١٣٧ – ١٤٨ (١٩٤٧ – ٤٨)

(٥٩) للوقوف على الوضع الأخلاقى 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 بحالته الراهنة قد وضع فى عصر قريب نسبيا ، فى القرن الخامس أو القرن السادس ، إيزيس ٢ – ١٥٥ (١٩٢٨) .

(٦١) Problemata, 919 B, 5

(٦٢) Problemata, 918 A, 35

(٦٣) Rayleigh, Nature 8, 319 (1873); Theory of sound (London: Macmillan, 1878; 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 الفيثاجوريين على أقل تقدير . ولامبروس من أرثيرى وهو اسم لأماكن كثيرة ، ولعل هذه هى أرثيراى الأيونية المقابلة لخيوس (إحدى المدن اليونانية الاثنى عشرة فى آسيا الصغرى) ، فكثير من الأيونيين هاجروا إلى اليونان الكبرى .

(٦٥) يجوز أن يؤخذ هذا دليلا على أن أريستوكسينوس قدم أثينا حوالى المدة ٣٣٦ – ٣٣٣ ، ويجوز أيضاً أن يدل على أنه كان يبلغ نحو الأربعين سنة فى سنة ٣٣٦ . فإذا صح هذا فهو أسن

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

(٦٦) Introduction, vol. I, p. 142. Henry S. Macran, The Harmonics of Aristoxenos (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 مقارنة على أساس رياضى بين المذهب الفيثاجورى ومذهب الأريستوكسينوس ، مستمدة من كتاب بطلميوس Harmonics

(٦٧) Leimma معناها الباقى وتستخدم فى الموسيقى لتعيين المسافة $\frac{٢٥٦}{٢٤٣}$ التى تبقى بعد قياس نغمتين $\frac{٩}{٨}$ من الرابعة أو الوتر الرباعى ، $\frac{٩}{٨} \times \frac{٩}{٨} \times \frac{٢٥٦}{٢٤٣} = \frac{٤}{٣}$. وبلوتارك لم يفهم المسافة $\frac{٢٥٦}{٢٤٣}$ وظن أنها ٢٥٦ – ٢٤٣ أى ١٣ .

(٦٨) لسبب من هذا القبيل – هو نظرية الموسيقى عند الفارابى – زعم عرب اليوم أن الموجارتمات من اختراع العرب ، إيزيس ٢٦ ، ٥٥٢ (١٩٣٦) . وهى دعوى لا مسوغ لها لما أن الفكرة العربية استعيرت من اليونان ، والفكرة اليونانية ذاتها كانت مصادفة غريبة ، لا اختراعا مقصودا .

(٦٩) نشأت الرباعية فى البلاد اليونانية ، لكن نجاحها فى الغرب – منذ عهد بوتينيوس – كان أتم . وليس فى لغة اليونان كلمة مفردة تؤدى معنى الرباعية ، فكتاب جورجيوس باشيميرس (فى النصف الثانى من القرن الثالث عشر) عنوانه

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

(٧٠) Paul Henry Lâng, Music in Western civilization (1124 pp., ill.; New York: 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)].

obeikandl.com