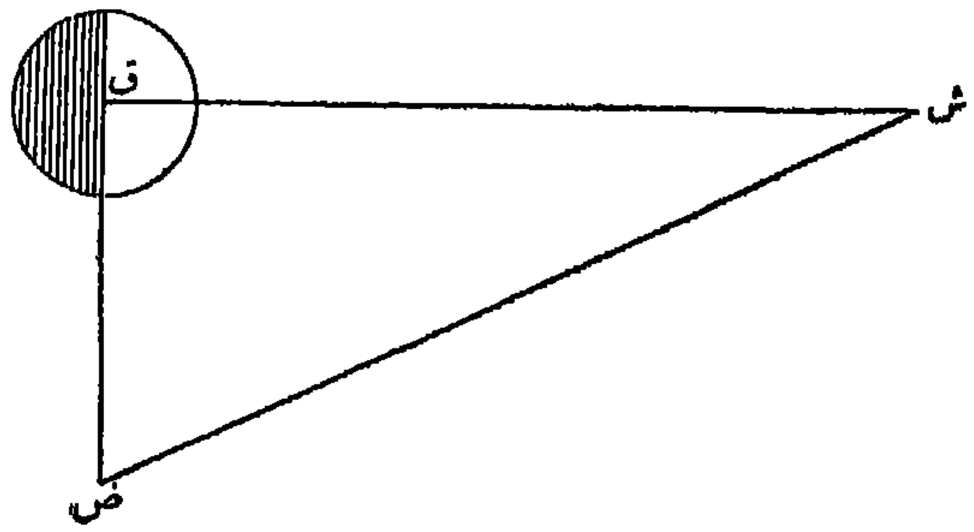
قياس الاجرام السماوية

وعدنا في الجزء الاخير ان نذكر طريقة العلمآء في قياس الاجرام السماوية ومعرفة ابعادها ومقاديرها وهي من المسائل التي تحتمل بياناً طويلاً وتفصيلاً دقيقاً لتوقفها على قواعد خاصّة لا تُفهَم الاّ بعد شرحها مما هو من غرض الكتب العلمية دون المجلاّت ولكنا سنقتصر منها على السهل الواضح تقريباً لها من الافهام وتفادياً من الملل

على ان الوصول الى قياس هذه الاجرام مما يظهر في بادي الرأي تحت ثوبٍ من المستحيل لما يعترضنا دونها من الابعاد الشاسعة بل هو من الامور التي اشتغل بها ارباب هذا العلم ادهاراً متطاولة ولم يهتدوا الى حلها الا منذ اوائل القرن السابع عشر على اثر الفتح الجليل الذي اوتوهُ على يدي كبلر وغاليلاي واتمّهُ نيوتن من بعدهما مما توصلوا بهِ الى معرفة نواميس هذه الاجرام وما بينها من النِسَب والابعاد وما هي عليهِ من كثافةٍ وحجم الى غير ذلك من الاسرار التي كانت محتجبةً تحت براقع الغيب . وكان المتقدمون لا يعرفون من ذلك كلهِ الا البعد النسبيّ بين الارض وبعض اجرام النظام الشمسي بمعنى انهم كانوا يعرفون مطلق البعد والقرب فيها دون قياس المسافات كما يُستدَلّ على ذلك بترتيبهم لاوضاع الشمس والسيارات مما اعتمدوا فيهِ ولا شك على المُدَد التي يقطع فيها كل واحدٍ من هذه الاجرام فلكهُ على نحو ما بنى عليهِ كبلر القاعدة الثالثة من قواعدهِ المشهورة

على ان اناساً منهم زاولوا قياس بُعد الشمس والقمر على قدر ما بين ايديهم من الذرائع واول من اشتغل بذلك ارسطرخس في اوائل القرن الثالث قبل الميلاد ولم تُنقَل الينا الطريقة التي قاس بها بُعد القمر واما بُعد الشمس فحاول قياسهُ بالمقابلة بين موقعها وموقع القمر في اوان تربيعهِ اي حين يكون الحدّ بين القسم النيّر منهُ والقسم المظلم خطًّا مستقيماً فبنى من ذلك مثلثاً احدى زواياهُ في الارض والثانية في مركز القمر والثالثة في مركز الشمس على نحو المثال الذي تراهُ في الرسم وبذلك توفر لهُ معرفة زاويتين



وضلع من المثلث لان الزاوية عند (ق) قائمة والمسافة بين القمر والارض كانت معلومةً في فرضهِ فلم يبقَ عليهِ الا قياس الزاوية عند (ض) وقد ظهر لهُ ان قياسها كان ٨٧ درجة فبقيت الزاوية الثالثة ٣ درجات وبمقتضى ذلك خرج لهُ ان بُعد الشمس عن الارض يكون نحو ٢٠ ضعفاً من بُعد القمر . غير ان في هذا القياس شططاً بعيداً لان مسافة الشمس من الارض على ما تحققهُ المتأخرون تكون نحو ٤٠٠ ضعف من بعد القمر عنها اي ٢٠×٢٠ . وانما اوقعهُ في هذا الشطط ان الزاوية عند (ق) التي حسبها قائمة انما ظهرت لهُ كذلك بالقياس الى موقفهِ من الارض ولكنها لو أُخذت من القمر نفسهِ كما أُخذت زاوية الارض من الارض لم تكن كذلك

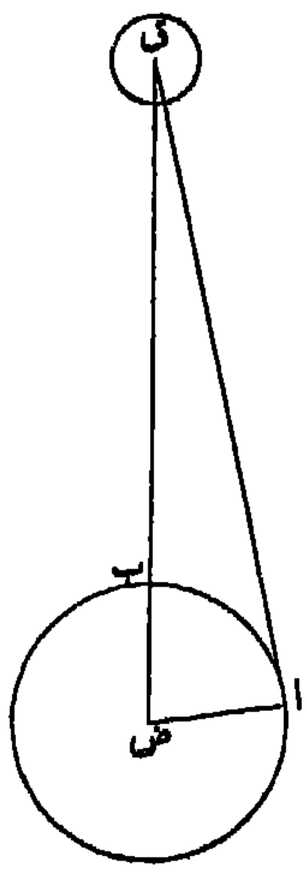
وجاء بعدهُ اناسٌ آخرون عانوا هذه الاقيسة منهم بلوطرخس وقد

قدّر بعد الشمس بما يعدل ٠٠٠ ٨٠٠ ١٦٠ كيلومتر او نحو ٠٠٠ ٠٠٠ ١٠٠ ميل وهي لا تبعد كثيراً عن الحقيقة فانها لا تزيد عن المسافة التي دلت عليها اقيسة المتأخرين الا نحو ٠٠٠ ٠٠٠ ٥ ميل وجعلها هپّرخس على بعد ١٢٠٠ ضعف من نصف قطر الارض وهي اقل من ٠٠٠ ٠٠٠ ٥ ميل وعلى هذا جرى بطلميوس ومن اخذ عنهُ ووافقهُ كوپرنيك ويتخو براهي من المتأخرين . وهناك اقيسة اخرى لا نطيل بذكرها وكلها من باب الرجم لان الشمس لا يقاس بعدها الا على طرقٍ مخصوصة لم يتوصل اليها الا من بعد اولئك كما سنذكرهُ

ومثل ذلك قولهم في مساحة جرم الشمس والقمر وقد قدّر اودُكْس وهو قديمٌ من اهل القرن الرابع قبل الميلاد ان جرم الشمس يكون مثل تسعة اضعاف جرم القمر وذكر بلوطرخس ان قطر القمر يعدل نصف قطر الارض وذهب اراتُستان الى ان قطر الشمس يعدل ٢٧ ضعفاً من قطر الارض وانهاهُ بوزيدينيوس الى ١٠ ٣٠٠ ضعف من قطر الارض الى غير ذلك من التخرُّصات التي لم تُبنَ على قياس ولا ترجع الى حدسٍ صحيح

واول من تنبه للطريقة الصحيحة في قياس مسافات الاجرام هو هپّرخس المشار اليهِ في القرن الثاني للميلاد فانهُ اعتمد فيه على اخذ الزاوية المعروفة بزاوية الاختلاف والمراد بها الخطّان اللذان يرتسمان من عين الناظر الى الجرم اذا نُظر اليهِ من مكانين وهي الطريقة التي جرى عليها العلمآء من بعدهِ فانهُ يتركب هناك مثلثٌ قاعدتهُ المسافة بين المكانين وقمتهُ في الجرم وبقياس هذه المسافة والزاويتين الناشئتين على طرفيها تُعرَف مسافة الجرم من موضع الرصد . غير انهُ لضبط هذه المسافة بين احد الاجرام والارض لابدّ

ان يكون احد الخطين مارًّا من مركز الجرم الى مركز الارض ولذلك كان المختار في هذه الزاوية ان تؤخذ والجرم في الافق فيكون احد الخطين المرسلين منهُ الى الارض مماسًّا لسطح الافق والآخر مارًّا الى مركزها وهي الصورة التي ارتآها هيپّرخس في اخذ زاوية اختلاف القمر على ما تراهُ في الرسم وقد أُخذ فيهِ الخط (ا ق) وهو الخط الافقي بين الناظر ومركز القمر والخط (ب ق) وهو الخط الذاهب من سطح الارض الى مركز القمر عموديًّا على افق الناظر وبمعرفة قياس قطر الارض يتعين الخطان (ا ض) و (ب ض) وهما تمام المثلث



واما كيفية استخراج البعد من هذا المثلث فلكي لا ندخل في التفصيلات الهندسية نقول انهم قسموا الدائرة الى ٣٦٠ قسماً متساوية سموها بالدَرَج كل درجةٍ منها مؤلفة من مثلث قاعدتهُ في المحيط وقمتهُ في المركز ثم قسموا الدرجة الى ٦٠ قسماً كذلك سموها بالدقائق وقسموا الدقيقة الى ٦٠ ثانية والثانية الى ٦٠ ثالثة وهلمَّ جرًّا . وقد وجدوا بالاختبار انهُ اذا رُسم خطٌّ من مركز الدائرة الى محيطها كان طول ذلك الخطّ ٥٧ درجة من المحيط فتكون نسبة نصف القطر الى الدرجة كنسبة ٥٧ الى ١ وحينئذٍ فمن البديهي أنَّا اذا قسنا جسماً فوجدنا قياسهُ درجةً كان بعدهُ عنا ٥٧ مرة مثل طولهِ وبالتالي اذا كان قياسهُ نصف درجة كان بعدهُ ضعفي هذا المقدار اي ١١٤ مرة مثل طولهِ او ربع درجة كان بعدهُ ٢٢٨ مرة الى ان يصير دقيقة فيكون بعدهُ ٣٤٣٨

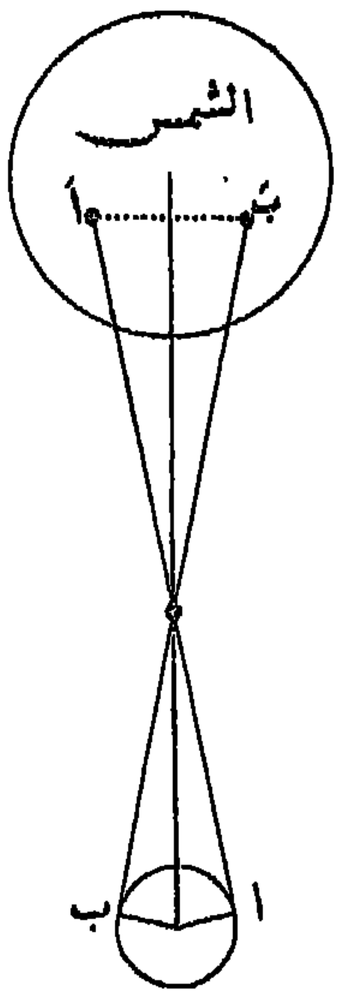
مرة او ثانية فيكون ٢٦٥ ٢٠٦ مرة وهلمَّ جرًّا

ومن البيّن أن زاوية اختلاف القمر فيما تقدم انما هي قياس نصف قطر الارض منظوراً اليهِ من القمر لانها تُعتبَر جزءًا من دائرة مركزها في مركز القمر ومحيطها مارٌّ بمركز الارض وهذه الزاوية تختلف تبعاً لبعد القمر وقربهِ من الارض لانهُ يدور في فلكٍ هليلجي ولنفرضها هنا ٥٧ دقيقة وهي قياس زاوية القمر في متوسط بعدهِ وقد تقدم ان نسبة الدقيقة الى نصف قطر الدائرة كنسبة ١ الى ٣٤٣٨ وبقسمة هذا العدد على ٥٧ يخرج لنا ٣، ٦٠ هي مقدار ما في الخط (ق ض) من مثل الخط (ا ض) وعليهِ فتكون المسافة بين الارض والقمر ٣، ٦٠ ضعفاً من نصف قطر الارض واذا حسبنا قطر الارض ٧٩٤٠ ميلاً كان بعد القمر عنها ٣٩١ ٢٣٩ ميلاً

اذا عُلم هذا امكن منهُ ان نعلم قياس قطر القمر وذلك بان نقيس قطرهُ المرئيّ فما بلغ تُقسَم عليهِ مسافتهُ من الارض فيكون ذلك قطرهُ الحقيقي . وقطر القمر المرئيّ يختلف تبعاً لموقعهِ من فلكهِ على ما ذُكر ولنفرضهُ هنا ٣١َ ٢٤ً وبمقتضى ما قدَّمناهُ يكون قطرهُ نحو $\frac{1}{110}$ من المسافة التي بينهُ وبين الارض او $\frac{2}{219}$ وباحالة هذه الكمية الى اميال يكون قطرهُ الحقيقي ٢١٦٨ ميلاً وبمعرفة قطرهِ تُعرَف بقية اقيستهِ فيكون محيطهُ ٦٨١٠ اميال ومسطحهُ ٠٠٠ ٧٦٤ ١٤ ميل مربع ومساحة جرمهِ ٠٠٠ ٨٠٤ ٥٣٩ ٥ ميل مكعّب وهي نحو ١ من ٤٩ من مساحة جرم الارض

هذا في القمر وهو اسهل الاجرام قياساً لقربهِ منا واما بقية الاجرام من الشمس والسيارات فان الامر فيها اصعب منالاً لان المسافة بيننا وبين

الشمس تكون نحو ٤٠٠ ضعف من بُعد القمر عن الارض وحينئذٍ فقطر الارض بكمالهِ لا يصلح قاعدةً لبنآء زاوية اختلاف الشمس لانهُ اذا مُدَّ خطَّان من طرفي قطرها الى مركز الشمس جآء هذان الخطان متآزيين فلا يكون قطر الارض في هذه المسافة البعيدة الا بمنزلة نقطة لانهُ يكون نحواً من $\frac{١}{١٢٠٠٠}$ من المسافة التي بيننا وبين الشمس فذلك كما لو مددنا خطين طول كلٍّ منهما ١٢ متراً وجعلنا بين طرفيهما ميليمتراً واحداً فانهما ولا جرم يكونان قريبين من التماس ولا تكون الزاوية عند قاعدتهما الا قائمة فلا يبقى للزاوية الثالثة قدرٌ يقاس . ولذلك استعانوا على اخذ زاوية اختلاف الشمس باخذ زاوية اختلاف الزهرة عند عبورها بين الارض والشمس فانها حينئذٍ تُرَى كشامةٍ مارَّةٍ على قرصها فترصدوا ذلك الموعد وعند عبور الزهرة أُخذ الرصد من مكانين متقابلين من وجه الارض بينهما ١٨٠ درجة ولما كانت الزهرة متوسطةً بيننا وبين الشمس رآها احد الراصدَين الذي عند (ا) في الرسم مارّةً على قرص الشمس عند (آ) ورآها الآخر عند (بَ) . ولا يخفى ان المسافة بين شبحيها المرئيين على وجه الشمس انما هي قياس المسافة التي بين الراصدين من الارض فاذا رسمنا خطًّا من كلٍّ من موقعيها هناك الى موقف الراصد الذي رآها فيهِ ارتسم لنا هناك مثلثان قمة كلٍّ منهما في مركز الزهرة وقاعدة الواحد منهما قطر الارض وقاعدة الآخر الخط المرتسم بين موقعي الزهرة على قرص الشمس . ثم ان المسافة بين



الراصدين معروفة لانها مسافة قطر الارض وبمقتضى القاعدة الثالثة من قواعد كبلر وهي المشار اليها آنفاً يُعلَم ان النسبة بين ساقي المثلث الذي يلي الارض وساقي المثلث الآخر كنسبة ٣٧ الى ١٠٠ فيكون طول المسافة التي بين الراصدين $\frac{٣٧}{١٠٠}$ من الخط الفاصل بين موقعي الزهرة على قرص الشمس وحينئذٍ فلا يبقى الا ان يقاس هذا الخط قياساً مدققاً ولنفرض انهُ وُجد ٤٨ ثانية فيُعلم من ذلك ان قطر الارض منظوراً اليهِ من الشمس يعدل ٤٨″ × ٣٧′ اي ٧٦′ ١٧″ وهو اختلاف منظر الشمس المطلوب. وقد مرّ بنا ان الثانية كناية عن شبح يُرَى على بعد ٢٠٦ ٢٦٥ ضعفاً من طولهِ وبقسمة هذا العدد على ٧٦′ ١٧″ تكون المسافة بيننا وبين الشمس ١١ ٦١٤ ضعفاً من قطر الارض وهي نحو ٩٢ ٢١٥ ٠٠٠ ميل

واما قياس ابعاد السيارة فلما كان اكثرها ابعد عنا من الشمس بمسافات لم يكن من الممكن ان يؤخذ لها زاوية اختلاف الا ان ابعادها تتعين بالقاعدة المذكورة من قواعد كبلر فانها تعمّ السيارة كلها تحت ضابط لا يتخلف لانها تربط بين المُدَد التي تدور فيها السيارة حول الشمس ومسافاتها الوسطى فاغنى ذلك عن قياس سيارٍ سيارٍ مباشرةً . واذا اتخذنا البعد بين الارض والشمس مقياساً لتلك الابعاد فجعلناهُ ١٠٠٠ مثلاً كانت مسافة الزهرة من الشمس ٧٢٣′ ومسافة المريخ ١٥٢٤ ومسافة المشتري ٥٢٠٠ وهلمّ جرًّا في البقية بحيث انهُ اذا عُرفت مسافة واحدٍ من السيارة عُرفت منها مسافات البقية. وقد اتُّخذت هذه القاعدة عينها ذريعةً لمعرفة بعد الشمس بعبور الزهرة في وقت الاقتران كما شرحناهُ وبالقياس الى بعد المريخ في وقت الاستقبال ولهم

في قياس بعد الشمس طرائق اخر يطول بيانها ونتائج اكثرها متقاربة مما يدل على انهم لم يُبعِدوا كثيراً في تحديد مسافة الشمس

واما قياس مسافات الثوابت فذهبوا فيهِ مذهباً ابعد فانهم لما رأوا ان قطر الارض لا يغني شيئاً في مثل هذه الابعاد اجتزأوا عنهُ بقطر فلك الارض وهو يكون نحواً من ١٨٥ الف الف ميل فرصدوا النجم من احد مواقع الارض في فلكها ثم انهُ بعد ستة اشهر اي لما صارت الارض في الجهة المقابلة من دائرة فلكها اعادوا الرصد وقد جعلوا قاعدة المثلث الخط المارّ بالشمس من احد جانبي فلك الارض الى الجانب الآخر . الا ان هذه المسافة ايضاً لم تصلح قاعدةً للمثلث المطلوب ولم تَبِن في بعد اكثر الثوابت ذات قدرٍ محسوس بل ان الخطين اللذين رُسما من جانبي فلك الارض الى النجم جآءا متطابقين الا في نجومٍ قليلة لا تتجاوز الثلاثين نجماً ظهر للخطين في قياسها انفراجٌ قليل بحيث كانت زاوية اختلافها لا تتعدى اجزآءً من الثانية ولم يوجد فيها ما بلغت زاوية اختلافهِ ثانيةً كاملة . واما اقطار الثوابت فلم يُعرَف شيءٌ منها بالقياس لان اعظمها في مرآة العين لا يظهر لهُ باقوى الآلات قطرٌ محسوس ولكن عُرفت مقادير بعضها بقوّة ما يصدر عنها من الضوء او بما فيها من قوة الجاذبية لبعض النجوم المجاورة لها مما لا موضع للافاضة فيهِ هنا وقد سبق لنا الكلام على شيءٍ من ذلك في الجزء السادس عشر من البيان تحت عنوان السيارة في عالم الثوابت فسبحان من احاط بكل شيءٍ علماً وهو الخلاق العظيم