

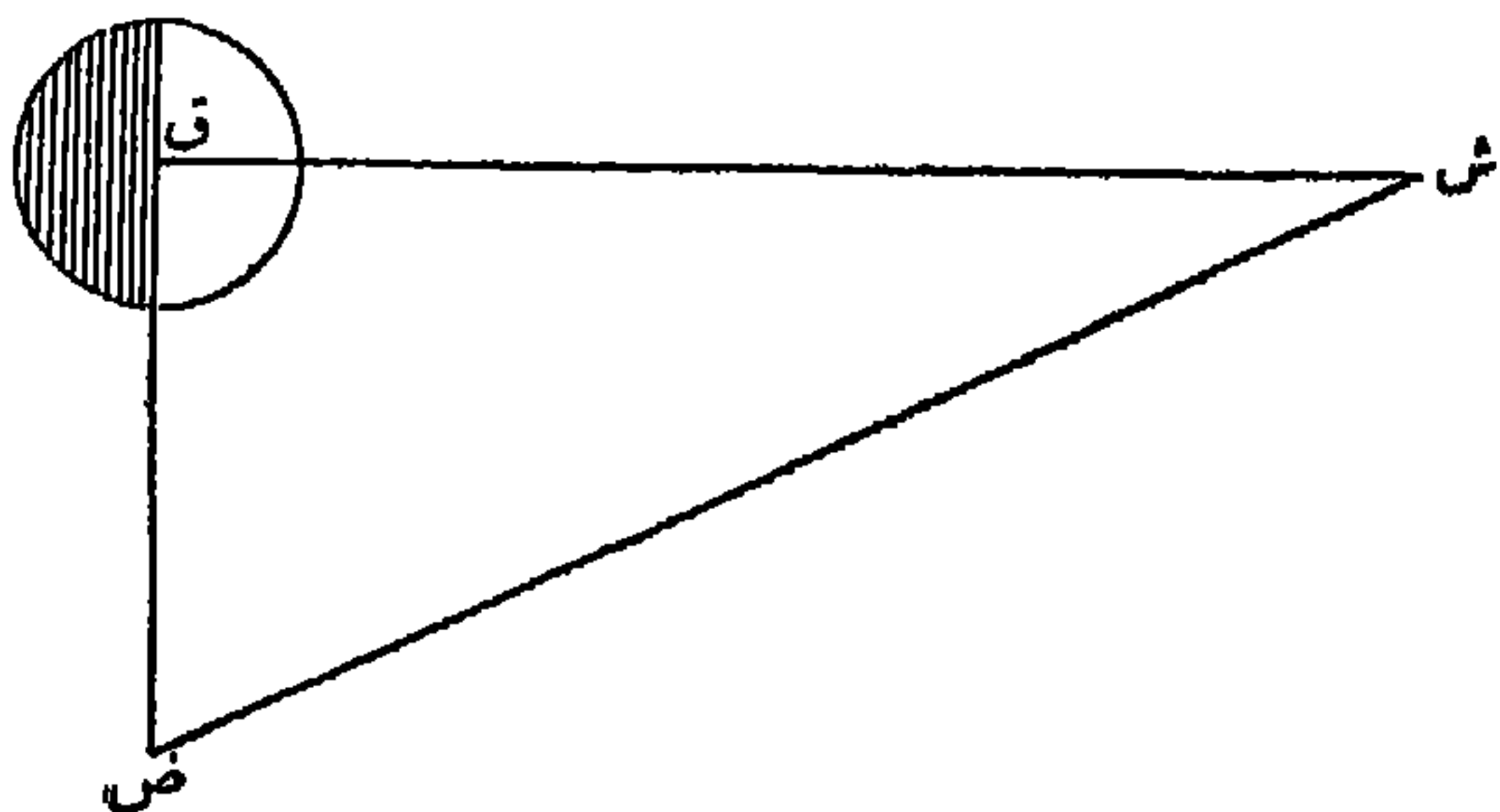
﴿ قياس الاجرام السماوية ﴾

وعدنا في الجزء الاخير ان نذكر طريقة العلماء في قياس الاجرام السماوية ومعرفة ابعادها ومقاديرها وهي من المسائل التي تحتمل بياناً طويلاً وتفصيلاً دقيقاً لتوقفها على قواعد خاصة لا نفهم الا بعد شرحها مما هو من غرض الكتب العلمية دون المجالات ولكننا سنقتصر منها على السهل الواضح تقريباً لها من الافهام وتقادياً 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 اوتوه على يدي كبلر وغاليلاي واثمة نيوتن من بعدها مما توصلوا به الى معرفة نواميس هذه الاجرام وما بينها من النسب والابعاد وما هي عليه من كثافة وحجم الى غير ذلك من الاسرار التي كانت محتجبة تحت براقع الغيب . وكان المتقدمون لا يعرفون من ذلك كله الا البعد النسبي بين الارض وبعض اجرام النظام الشمسي بمعنى انهم كانوا يعرفون مطلق البعد والقرب فيها دون قياس المسافات كما يستدل على ذلك بترتيبهم لوضع الشمس والسيارات مما اعتمدوا فيه ولا شك على المدد التي يقطع فيها كل واحد من هذه الاجرام فلكه على نحو ما بنى عليه كبلر القاعدة الثالثة من قواعده 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 تُنقل اليها الطريقة التي قاس بها بُعد القمر واما بُعد الشمس فحاول قياسه بالمقابلة بين موقعها وموقع القمر في اوان تريعه اي حين يكون الحد بين القسم النير منه والقسم المظلم خطاً مستقيماً فبنى من ذلك مثلثاً احدى زواياه في الارض والثانية في مركز القمر والثالثة في مركز الشمس على نحو المثال الذي تراه في الرسم وبذلك توفر له معرفة زاويتين

وضلع من المثلث لان الزاوية عند (ق) قائمة والمسافة بين القمر والارض كانت معلومة

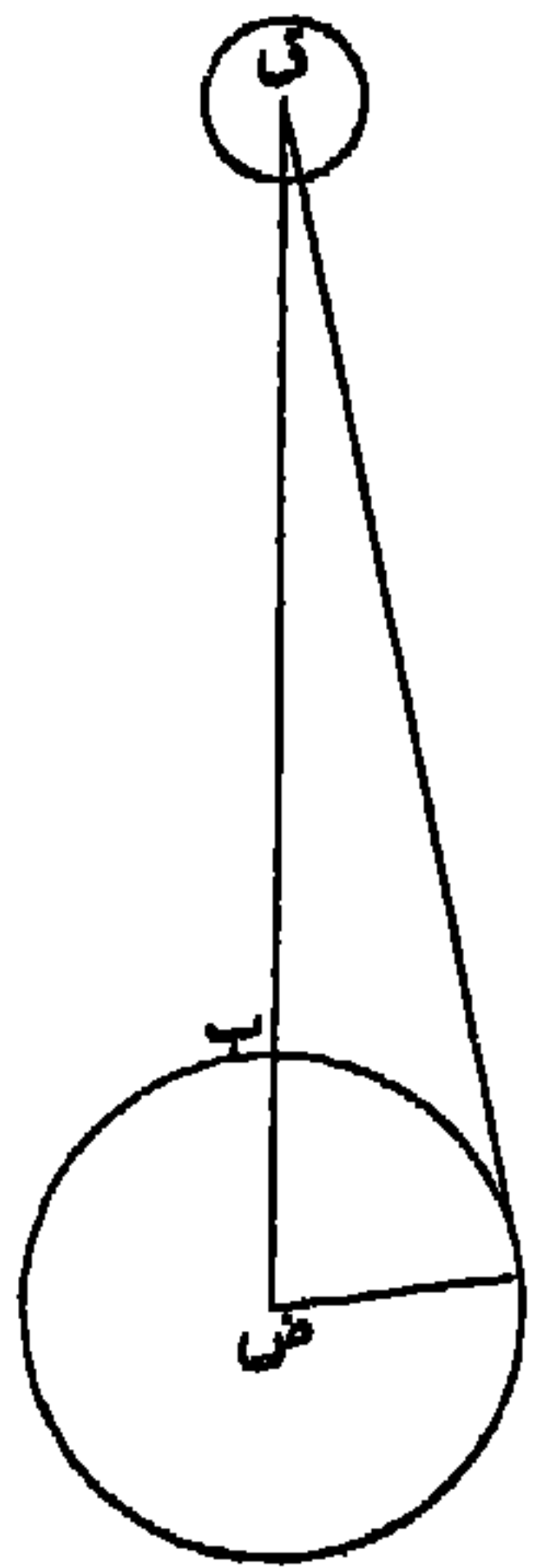


في فرضه فلم يبقَ عليه الا قياس الزاوية عند (ض) وقد ظهر له ان قياسها كان ٨٧ درجة فبقيت الزاوية الثالثة ٣ درجات وبمقتضى ذلك خرج له ان بُعد الشمس عن الارض يكون نحو ٢٠ ضعفاً من بُعد القمر . غير ان في هذا القياس شططاً بعيداً لان مسافة الشمس من الارض على ما تحققة المتأخرون تكون نحو ٤٠٠ ضعف من بعد القمر عنها اي 20×20 . وانما اوقعه في هذا الشطط ان الزاوية عند (ق) التي حسبها قائمة انما ظهرت له كذلك بالقياس الى موقفه من الارض ولكنها لو أخذت من القمر نفسه كما أخذت زاوية الارض من الارض لم تكن كذلك وجاء بعده اناس آخرون عانوا هذه الاقيسة منهم بلوطرخس وقد

قدّر بعد الشمس بما يعدل ١٦٠ ٨٠٠ ٠٠٠ كيلومتر او نحو ١٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ميل وهي لا تبعد كثيراً عن الحقيقة فانها لا تزيد عن المسافة التي دلت عليها اقيسة المتأخرين الا نحو ٥ ٠٠٠ ٠٠٠ ميل وجعلها هيرخس على بعد ١٢٠٠ ضعف من نصف قطر الارض وهي اقل من ٥ ٠٠٠ ٠٠٠ ميل وعلى هذا جرى بطليموس ومن اخذ عنه ووافقه كوبرنيك ويتخو براهي من المتأخرين . وهناك اقيسة اخرى لا تطيل بذكرها وكلها من باب الرجم لان الشمس لا يقاس بعدها الا على طرق مخصوصة لم يتوصل اليها الا من بعد اولئك كما سنذكره ومثل ذلك قولهم في مساحة جرم الشمس والقمر وقد قدر اودكس وهو قديم 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 اراثستان الى ان قطر الشمس يعدل ٢٧ ضعفاً من قطر الارض وانها بوزيدينيوس الى ١٠ ٣٠٠ ضعف من قطر الارض الى غير ذلك من التخرصات التي لم تُبن على قياس ولا ترجع الى حدس صحيح

واول من تنبه للطريقة الصحيحة في قياس مسافات الاجرام هو هيرخس المشار اليه في القرن الثاني للميلاد فانه اعتمد فيه على اخذ الزاوية المعروفة بزاوية الاختلاف والمراد بها الخطأ اللذان يرتسمان من عين الناظر الى الجرم اذا نظر اليه من مكانين وهي الطريقة التي جرى عليها العلماء من بعده فانه يتركب هناك مثلث قاعدته المسافة بين المكانين وقته في الجرم وبقياس هذه المسافة والزاويتين الناشئتين على طرفيها تُعرف مسافة الجرم من موضع الرصد . غير انه لضبط هذه المسافة بين احد الاجرام والارض لابد

ان يكون احد الخطين ماراً من مركز الجرم الى مركز الارض ولذلك كان المختار في هذه الزاوية ان تؤخذ والجرم في الافق فيكون احد الخطين المرسلين منه الى الارض مماساً لسطح الافق والآخر ماراً الى مركزها وهي الصورة التي ارتآها هيركس في اخذ زاوية اختلاف القمر على ما تراه في



الرسم وقد أخذ فيه الخط (ا ق) وهو الخط الافقي بين الناظر ومركز القمر والخط (ب ق) وهو الخط الذاهب من سطح الارض الى مركز القمر عمودياً 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 التفاصيل الهندسية نقول انهم قسموا

الدائرة الى ٣٦٠ قسمًا متساوية سموها بالدرج كل درجة منها مؤلفة من مثلث قاعدته في المحيط وقيته في المركز ثم قسموا الدرجة الى ٦٠ قسمًا كذلك سموها بالدقائق وقسموا الدقيقة الى ٦٠ ثانية والثانية الى ٦٠ ثالثة وهلم جرا . وقد وجدوا بالاختبار انه اذا رُسم خط من مركز الدائرة الى محيطها كان طول ذلك الخط ٥٧ درجة من المحيط فتكون نسبة نصف القطر الى الدرجة كنسبة ٥٧ الى ١ وحينئذ فمن البديهي انّا اذا قسمنا جسماً فوجدنا قياسه درجة كان بعده ٥٧ مرة مثل طوله وبالتالي اذا كان قياسه نصف درجة كان بعده ضعفي هذا المقدار اي ١١٤ مرة مثل طوله او ربع درجة كان بعده ٢٢٨ مرة الى ان يصير دقيقة فيكون بعده ٣٤٣٨

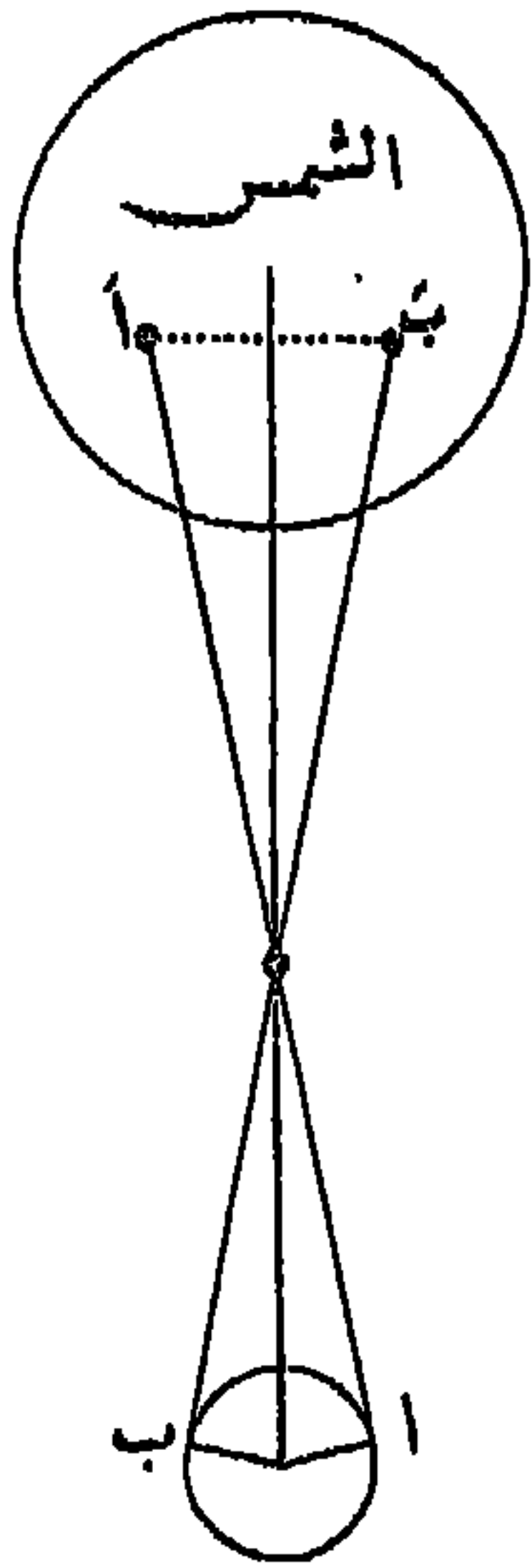
مرة او ثانية فيكون ٢٦٥ ٢٠٦ مرة وهلم جرا

ومن البين أن زاوية اختلاف القمر فيما تقدم انما هي قياس نصف قطر الارض منظورا اليه من القمر لانها تُعتبر جزءا من دائرة مركزها في مركز القمر ومحيطها مارا بمركز الارض وهذه الزاوية تختلف تبعا لبعد القمر وقربه من الارض لانه يدور في فلك هليلجي ولنفرضها هنا ٥٧ دقيقة وهي قياس زاوية القمر في متوسط بعده وقد تقدم ان نسبة الدقيقة الى نصف قطر الدائرة كنسبة ١ الى ٣٤٣٨ وبقسمة هذا العدد على ٥٧ يخرج لنا ٦٠،٣ هي مقدار ما في الخط (ق ض) من مثل الخط (ا ض) وعليه فتكون المسافة بين الارض والقمر ٦٠،٣ ضعفا من نصف قطر الارض واذا حسبنا قطر الارض ٧٩٤٠ ميلا كان بعد القمر عنها ٣٩١ ٢٣٩ ميلا

اذا علم هذا امكن منه ان نعلم قياس قطر القمر وذلك بان نقيس قطره المرئي فما بلغ نُقسم عليه مسافته من الارض فيكون ذلك قطره الحقيقي . وقطر القمر المرئي يختلف تبعا لموقعه من فلكه على ما ذكر ولنفرضه هنا ٣١ ٢٤ وبمقتضى ما قدّمناه يكون قطره نحو $\frac{1}{11}$ من المسافة التي بينه وبين الارض او $\frac{2}{119}$ وباحالة هذه الكمية الى اميال يكون قطره الحقيقي ٢١٦٨ ميلا وبمعرفة قطره تُعرف بقية اقيسته فيكون محيطه ٦٨١٠ اميال ومساحته ٧٦٤ ٠٠٠ ميل مربع ومساحة جرمه ٥٣٩ ٨٠٤ ٠٠٠ ميل مكعب وهي نحو ١ من ٤٩ من مساحة جرم الارض

هذا في القمر وهو اسهل الاجرام قياسا لقربه منا واما بقية الاجرام من الشمس والسيارات فان الامر فيها اصعب منالا لان المسافة بيننا وبين

الشمس تكون نحو ٤٠٠ ضعف من بُعد القمر عن الارض وحينئذٍ فقطر الارض بكماله لا يصلح قاعدةً لبناء زاوية اختلاف الشمس لانه اذا مَدَّ خطَّان من طرفي قطرها الى مركز الشمس جاء هذان الخطان متآزيين فلا يكون قطر الارض في هذه المسافة البعيدة الا بمنزلة نقطة لانه يكون نحواً من $\frac{1}{12}$ 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



تُرى كشامةً مارةً على قرصها فترصدوا ذلك الموعد وعند عبور الزهرة أخذ الرصد من مكانين متقابلين من وجه الارض بينهما ١٨٠ درجة ولما كانت الزهرة متوسطةً بيننا وبين الشمس رآها احد الراصدين الذي عند (أ) في الرسم مارةً على قرص الشمس عند (أ) ورآها الآخر عند (ب) . ولا يخفى ان المسافة بين شبحيها المرئيين على وجه الشمس انما هي قياس المسافة التي بين الراصدين من الارض فاذا رسمنا خطاً من كلٍّ من موقعيها

هناك الى موقف الراصد الذي رآها فيه 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 يُعلم ان النسبة بين ساقى المثلث الذي يلي الارض وساقى المثلث الآخر كنسبة ٣٧ الى ١٠٠ فيكون طول المسافة التي بين الراصدين $\frac{37}{100}$ من الخط الفاصل بين موقعي الزهرة على قرص الشمس وحينئذٍ فلا يبقى الا ان يقاس هذا الخط قياساً مدققاً ولنفرض انه وُجد ٤٨ ثانية فيعلم من ذلك ان قطر الارض منظوراً اليه من الشمس يعدل 48×37 اي ١٧٠٧٦ وهو اختلاف منظر الشمس المطلوب. وقد مر بنا ان الثانية كناية عن شبح يُرى على بعد ٢٦٥ ٢٠٦ ضعفاً من طوله وبقسمة هذا العدد على ١٧٠٧٦ تكون المسافة بيننا وبين الشمس ١١ ٦١٤ ضعفاً من قطر الارض وهي نحو ٩٢ ٢١٥ ٠٠٠ ميل

واما قياس ابعاد السيارة فلما كان اكثرها ابعاد عنا من الشمس بمسافات لم يكن من الممكن ان يؤخذ لها زاوية اختلاف الا ان ابعادها تتعين بالقاعدة المذكورة من قواعد كبلر فانها تعم السيارة كلها تحت ضابط لا يتخلف لانها تربط بين المدد التي تدور فيها السيارة حول الشمس ومسافات الوسطى فاغنى ذلك عن قياس سيّارٍ سيّارٍ مباشرة. واذا اتخذنا البعد بين الارض والشمس مقياساً لتلك الابعاد فجعلناه ١٠٠٠ مثلاً كانت مسافة الزهرة من الشمس ٧٢٣، ومسافة المريخ ١٥٢٤ ومسافة المشترى ٥٢٠٠ وهلمّ جراً في البقية بحيث انه اذا عرفت مسافة واحدٍ من السيارة عرفت منها مسافات البقية. وقد اتخذت هذه القاعدة عينها ذريعة لمعرفة بعد الشمس بعبور الزهرة في وقت الاقتران كما شرحناه وبالقياس الى بعد المريخ في وقت الاستقبال ولهم

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

واما قياس مسافات الثوابت فذهبوا فيه مذهباً ابعد فانهم لما رأوا ان قطر الارض لا يغني شيئاً في مثل هذه الابعاد اجتزأوا عنه بقطر فلك الارض وهو يكون نحواً من ١٨٥ الف الف ميل فرصدوا النجم من احد مواقع الارض في فلكها ثم انه بعد ستة اشهر ايسر لما صارت الارض في الجهة المقابلة من دائرة فلكها اعادوا الرصد وقد جعلوا قاعدة المثلث الخط المار بالشمس من احد جانبي فلك الارض الى الجانب الآخر . الا ان هذه المسافة ايضاً لم تصلح قاعدة للمثلث المطلوب ولم تبين في بعد اكثر الثوابت ذات قدر محسوس بل ان الخطين اللذين رؤيا من جانبي فلك الارض الى النجم جاءا متطابقين الا في نجوم قليلة لا تتجاوز الثلاثين نجماً ظهر للخطين في قياسها انفرجاً قليلاً بحيث كانت زاوية اختلافها لا تتعدى اجزاء من الثانية ولم يوجد فيها ما بلغت زاوية اختلافه ثمانية كاملة . واما اقطار الثوابت فلم يُعرف شيء منها بالقياس لان اعظمها في مرآة العين لا يظهر له باقوس الآلات قطر محسوس ولكن عرفت مقادير بعضها بقوة ما يصدر عنها من الضوء او بما فيها من قوة الجاذبية لبعض النجوم المجاورة لها مما لا موضع للافاضة فيه هنا وقد سبق لنا الكلام على شيء من ذلك في الجزء السادس عشر من البيان تحت عنوان السيارة في عالم الثوابت فسبحان من احاط بكل شيء علماً وهو الخلاق العظيم