انتشارات دانشگاه تهران
۱۳۹۲

کتاب تحدید نهایات الأماکن لتصحیح مسافات المساکن

تألیف
أبوریحان محمد بن أحمد بیرونی خوارزمی

ترجمه
احمد آرام

انتشارات دانشگاه تهران

۱۳۹۲

کتاب تحدید نهایات الاماکن لتصحیح مسافات المساکن

ترجمهٔ احمد آرام

کتاب
تحدید نهایات الاماکن
لتصحیح مسافات المساکن

به یادبود هزارهٔ ابوریحان بیرونی

انتشارات دانشگاه تهران

شمارهٔ ۱۳۹۲

تهران ۱۳۵۲

كتابُ

تَحدِيد نِهاياتِ الأماكِن

لِتَصحيحِ مَسافاتِ المساكِن

تأليف

ابوريحان محمّدبن احمد بيرونی خوارزمی

ترجمهٔ

احمد آرام

ناشر

مؤسسهٔ انتشارات و چاپ دانشگاه تهران

چاپ و صحافی این کتاب در شهریور ماه ۱۳۵۲
در چاپخانهٔ مؤسسهٔ انتشارات و چاپ دانشگاه تهران به پایان رسید

بها : **۴۳۰** ریال

فهرست مطالب

صفحه

صفحه

به نام خدای بخشندهٔ مهربان

به مناسبت جشن هزارهٔ دانشمند بزرگ ایرانی و جهانی، ابوریحان بیرونی، که دراین‌سال ۱۳۵۲ هجری شمسی برابر با ۱۳۹۳ هجری قمری و ۱۹۷۳ میلادی مسیحی در ایران وبسیاری از کشورهای جهان برگذار می‌شود، ازطرف شورای انتشارات دانشگاه تهران به بنده پیشنهاد شدکه یکی از آثارآن استاد بزرگ را از زبان عربی به‌فارسی ترجمه کنم. کتاب حاضر یعنی «**تحدید نهایات الاماکن لتصحیح مسافات المساکن**» را که ترجمهٔ فارسی‌آن «اندازه‌گیری پایانهای جایها برای درست‌کردن مسافتهای جایگاهها» است برگزیدم. ظاهراً نسخهٔ منحصر به فرد این‌کتاب همان است‌که درکتابخانهٔ فاتح استانبول‌به‌شمارهٔ ۳۳۸۶ نگاهداری‌می‌شود. عکس‌این‌نسخه درکتابخانهٔ‌مرکزی‌دانشگاه موجود است که دراختیار بنده گذاشته شد. دراین‌ضمن ترجمهٔ انگلیسی این‌کتاب هم که به یادبود صد ساله شدن دانشگاه امریکایی بیروت منتشر شده بود به دستم افتاد، و ازآن دانستم‌که دو چاپ ازاین کتاب، هردو در سال ۱۹۶۲، از روی همان نسخهٔ منحصر به فرد انتشار یافته است: یکی درآنکارا به تصحیح محمّد بن تاویت‌الطّنجی، ودیگری در قاهره ازطرف جامعهٔ دول عرب به تصحیح وحاشیه نویسی بسیار عالمانهٔ دکتر پ. بولجاکوف و ملاحظهٔ دکتر امام ابراهیم احمد. درکتابخانه‌های تهران از هیچ یکٔ ازاین دو چاپ اثری نیافتم. به اشارهٔ دوستی که از مردمی و دانش دوستی آقای ابومحمّد وکیلی ازکارمندان سفارت شاهنشاهی ایران در قاهره شمّه‌ای برایم سخن گفته بود، نامه‌ای به این مرد بزرگوار نوشتم وآن دوکتاب را خواستار شدم. چاپ آنکارا را نیافته بودند و چاپ قاهره را سخاوتمندانه به رایگان برایم فرستادند‌که بسیار

سپاسگزارشدم. پیش‌از رسیدن کتاب ازقاهره آگاهی یافتم که درکتابخانهٔ بنیاد فرهنگ ایران که بسیارکتابهای گرانبها درآن گرد آمده‌است ، چاپ قاهرهٔ این کتاب موجود است . آن را هم گرفتم وتقریباً تمام کتاب از روی همین نسخه ترجمه شد . پس از ترجمه آن را بانسخهٔ عکسی مقابله‌کردم ومعلوم شدکه تقریباً هیچ افتادگی ونابرابری با اصل درآن وجود ندارد و غلطهای نسخهٔ اصلی باکمال دقّت درآن تصحیح شده است . کمتر صفحه‌ای درنسخهٔ قاهره دیده می‌شودکه درحاشیهٔ آن به غلطی از چاپ آنکارا اشاره نشده‌باشد واکنون بسیار شادمانم که‌اصلاً فرصت‌دیدار آن‌نسخه‌را پیدا نکرده‌ام.

***

شمارهٔ صفحات‌اصل‌کتاب ۳۴۰ است‌که برای‌آسانی کار کسانی که‌احیاناً خواسته باشند به اصل آن مراجعه‌کنند ، شمارهٔ هرصفحهٔ آن را ازآنجا که این صفحه آغاز می‌شده است ، درحاشیهٔ چاپ ترجمهٔ فارسی‌آورده‌ام . ونیز برای‌آنکه خواننده مختصر اطّلاعی از صورت تحریری آن اصل پیدا کند ، گراوور دو صفحهٔ اوّل و دو صفحهٔ آخرآن در میان همین مقدّمه آمده‌است . حروف نمایندهٔ نقاط را که باحروف الفبای عربی بوده است ، برای سهولت کار خوانندهٔ ترجمه ، به حروف الفبای لاتینی (وگاه یونانی) که اینک درکتابهای ریاضی فارسی متداول است تبدیل کرده‌ام ازاین قرار :

ا	A	ط	T	ف	F
ب	B	ی	Y	ص	C
ج	G	ك	K	ق	Q
د	D	ل	L	ر	R
ه	E	م	M	ش	X
و	W	ن	N	ت	θ
ز	Z	س	S	ث	Σ
ح	H	ع	O	خ	Γ

اعداد را نیز که درمتن باترتیب ابجدی نموده شده ، به صورت ارقام هندی نقل کرده‌ام ، و برای آنکه خواننده‌ای که اصلاً با این‌گونه چیزنویسی متعارف درقدیم آشنایی ندارد ، مختصری آگاهی پیدا کند ، دراینجا چند سطری از صفحهٔ ٢٧٣ متن را (ازسطر ١١ به بعد درصفحهٔ ٢١٧ ترجمه) درمقابل ترجمهٔ آن می‌آورم :

وتمام کل اعنی لط هو مب نط لج وجیبه م ند ما و نسبة جیب طو المساوی لکل الی جیب وق کنسبة جیب زاویة ق القایمة الی‌جیب زاویة ط فاذا ضربنا جیب کل فی جیب تمام‌عرض الجرجانیّة اجتمع ١٩٤٨ ن م کح کد واذا قسمناه علی الجیب کلّه خرج لب کح نا وقوسه لب مو لا فاذا نقصناها من تسعین بقی قوس قز مقدار زاویة م . . .

ومتمّم KL یعنی LT می‌شود ٤٢° ٥٩′ ٣٣″ وجیب آن ٤٠° ٥٤′ ٤١″ . ونسبت جیب TW که با KL برابراست به جیب WQ ، همچندِ نسبت جیب زاویهٔ قائمهٔ Q است به جیب زاویهٔ T ؛ پس چون جیب KL را در جیب تمام عرض جرجانیّه ضرب کنیم ، حاصل می شود ١٩٤٨ ٥٠′ ٤٠″ ٢٨‴ ٢٤^{IV} ، که از تقسیم آن برجیب کلّی ٣٢° ٢٨′ ٥١″ و قوس نظیر آن ٣٢° ٤٦′ ٣١″ به دست می‌آید ؛ چون این‌قوس را ازنود بکاهیم ، قوس QZ اندازهٔ زاویهٔ M . . .

هرجا درترجمه کلمه یا جمله‌ای را درمیان دو قـلّاب [ ] گذاشته‌ام ، آن کلمه یاجملهٔ اضافی ازطرف خودم است که برای توضیح مطلب و بهتر خوانده شدن عبارت افزوده شده است ؛ وآنچه گاه درمیان دوکمان ( ) آمده ، در واقع ترجمهٔ کلمه‌ای از متن یا معادل مصطلحتری از آن است .

چون غرض اصلی ازترجمهٔ کتاب ابوریحان بیشتر آن بوده است که آن دسته از جوانان ماکه کمتر ازکارهای علمی نیاکان خویش آگاهی دارند براین امر واقف‌شوند، همهٔ کوشش من آن بوده‌است که صورت استدلال به‌همان‌گونه که استاد آورده‌است ،

باعبارتی هرچه نزدیکتر به طرز بیان متداول کنونی در ریاضیّات، نقل شود، ولی دراین کار مبالغه روا نداشته‌ام وتنها یکی دو جا (مثلاً درحاشیهٔ صفحهٔ ٤٠) به‌آوردن‌توضیح بیشتری پرداخته‌ام؛ چنان خواسته‌ام که خوانندهٔ کتاب برای فهم مطالب وقت بیشتری صرف کند و قدر کار نیاکان خودرا که از پایه‌گذاران علم بوده‌اند بهتر بشناسد .

دیگر آنکه ، چون کتابهای فراوانی اکنون در زبان فارسی هست که از روی آنها می‌توان ازشرح احوال کسانی که نامهاشان درضمن کتاب آمده‌است آگاهی حاصل کرد، دراین باره به حاشیه نویسی نپرداخته‌ام و بی‌جهت برحجم کتاب نیفزوده‌ام .

مطلبی که ذکر آن لازم است اینکه در بیان اندازهٔ قوس برحسب شعاع ، توسعاً علامت درجه‌را ناگزیر آورده‌ام که غرض ازآن یک شصتم طول شعاع‌است ویک‌جا درصفحهٔ ١٩٤ سطر ١٥ به این مطلب اشاره کرده‌ام . درمجذورها یا حاصلضربهای دو جیب یاطول ، دیگر برای حاصلضرب دو مقداری که با علامت درجه مشخّص بوده است علامت خاصّی نیاورده‌ام که البتّه خواننده خود توجّه دارد (مثلاً سطر ٤ ازپایین صفحهٔ ١٩٤) ولی برای‌اجزای آن، علامتهای‌دقیقه وثانیه وثالثه ورابعه وخامسه وسادسه وغیره ، یعنی ′ ″ ‴ IV V VI آمده‌است (همان جا) .

اشکال کتاب‌را از روی ترجمهٔ انگلیسی[1] برداشته‌ام، ولی چند جا لازم بوده‌است درآنها اصلاحاتی بشود که شده‌است (شکلهای ٢٠ و٣١ و٣٢ و٣٣ و٦٣ و٦٤)، وچند

١ـ به این ترجمهٔ انگلیسی چندان نباید اعتماد کرد. برای‌مثال باید بگویم که‌مترجم انگلیسی کلمهٔ ُجدَی را (صفحهٔ ١٠ ترجمهٔ فارسی ، سطر ٧)که باید Polaris ترجمه کرده باشد ، Capricorn (= برج جدی) ترجمه کرده و درکنار آن یک علامت سؤال گذاشته است ؛ یااینکه متوجه معنی درست کلمهٔ « شطر »که در همین صفحه (سطر ١٢) آمده نشده و عبارت « فأما فعلا فلابد من تقریب ذکر له الشطر للمجتهد » را چنین معنی کرده است : « و بنا براین در برای جویندهٔ هوشمند وکارشناس باز گذاشته شده است تا عملا به تعیین آن بپردازد » .

شکل را از نو ترسیم کرده‌ام (شکلهای ۳ و ۱۲ و ٦٧) .

عمدهٔ مطالبی که دراین کتاب موضوع بحث قرارگرفته ، درفهرستی که پیش‌از این مقدّمه آمده ذکر شده است ، و چون از تعیین طول و عرض جغرافیائی امکنه و اندازه‌گیری میل کلّی و تعیین جهت قبله که یکی از منظورهای اساسی این تألیف بوده است گذشته ، مطالب وفوایدگوناگونی در این کتاب موجوداست که می‌تواند ازلحاظهای مختلف مورد توجّه واقع شود ، بهتر است مطالعه‌کنندگان کتاب نخست به فهرست تفصیلی که درآغاز این مقدّمه آمده‌است مراجعه کنند وآنگاه به‌خواندن کتاب یاقسمت مورد نظر درآن بپردازند . ونیز مراجعهٔ به غلطنامهٔ پایان‌کتاب واصلاح غلطهای‌متن پیش‌از مطالعه کمال ضرورت را دارد .

***

واینک مختصری دربارهٔ احوال وآثار بیرونی :

ابوریحان در تاریخ دوم ذی‌حجّهٔ سال ۳٦۲ برابر با چهارم سپتامبر سال ۹۷۳ میلادی درحومهٔ پایتخت دولت خوارزم قدیم یعنی کاث به دنیا آمد که اکنون برجای آن شهر کوچکی از جمهوری ازبکستان است . زندگی علمی خود را در خوارزم (گُرْگانْج ، به عربی جرجانیّه) آغازکرد و اکنون برای جاودانی‌کردن نام او شهر گرگانج قدیم به‌نام «شهر بیرونی» خوانده‌می‌شود. شهر بیرونی درکنارآمودریا (جیحون) به مسافت تقریبی ۲۰۰ کیلومتر درجنوب دریاچهٔ آرال واقع‌است .

زبان مادری وی زبان‌خوارزمی بود ودرجوانی زبان فارسی دری وزبان عربی‌را آموخت ، و پس‌ازآن زبانهای سانسکریت و یونانی را نیز فرا گرفت . در ۲۲ سالگی (۳۸٤ ه . ق) به‌کار رصد پرداخت . ولی دخالت وی درکارهای سیاسی ، واینکه از هواخواهان ابوالعبّاس خوارزمشاه بود ، وی را ناگزیر ازآن ساخت که پس‌از کشته شدن ابوالعبّاس در ۳۸۵ ، درضمن مبارزهٔ وی باخاندان سلطنتی جدید به‌ریاست‌مامون بن محمّد ، جلای وطن کند و به جرجان رود .

پانزده سال در جرجان زیست و نخستین اثر خود ، « **الآثارالباقیة عن القرون الخالیة** » ، را دراین شهر تألیف کرد . و پس‌ازآنکه آرامش در خوارزم برقرار شد ، بار دیگر ابوریحان درحدود سال ۴۰۰ هجری به این سرزمین بازگشت .

میان سالهای ۴۰۰ و ۴۰۸ هجری درپایتخت جدید خوارزم یعنی جرجانیّه زندگی می‌کرد ، ودر زمان پادشاهی مأمون بن مأمون از بزرگترین دانشمندان به شمار می‌رفت و مورد احترام بود و به دنبال کردن تحقیقات علمی ونجومی خویش می‌پرداخت .

در ۴۰۸ هجری که سپاهیان سلطان محمود غزنوی به خوارزم تاختند ، بیرونی ناگزیر از جرجانیّه به غزنه رفت ، وتا زمان مرگش در ۳ رجب ۴۴۰ هجری مطابق با ۱۳ دسامبر ۱۰۴۸ میلادی دراین شهر می‌زیست . با آنکه اسبابهای نجومی دقیق دراین شهر در اختیارش نبود ، به فعّالیّت علمی خود ادامه می‌داد ، و نخستین اثر بزرگی که تألیف آن را درغزنه آغاز کرد ، همین کتاب « **تحدید نهایات الاماکن لتصحیح مسافات المساکن** » است . خود درفصل [سوم] این کتاب (صفحهٔ ۱۱۲ متن عربی، مطابق با صفحهٔ ۹۳ ترجمهٔ فارسی) چنین نوشته‌است :

> « هنگام نوشتن این فصل، روز سه شنبه غرّهٔ جمادی‌الآخر سال چهارصدو نه هجری ، درجیفور که روستایی چسبیدهٔ به کابل است بودم ، و باکمال اشتیاق به رصد کردن عرضهای آن نواحی می‌پرداختم . »

و باتوجّه به‌آنچه در پایان همین کتاب بدین صورت آمده است :

> « و از نوشتن آن در غزنه ، هفت روز مانده از رجب سال چهارصدو شانزده بیاسودم . »

می‌توان گفت که تاریخ اتمام این کتاب ــ بنا برآنکه این نوشته از خود ابوریحان بوده باشد ــ همین سال ۴۱۶ یا اندکی پیش‌از آن ــ بنا برآنکه این نوشته ازکسی باشد که نسخه را رونویس کرده‌است ــ بوده است . و به علّت اغلاط چندی که در اشکال و

ارقام کتاب موجود است ، تقریباً به صورت قطعی می‌توان گفت که نسخهٔ عربی موجود آن دستخطّ خود ابوریحان نیست و کاتبی از روی خطّ او استنساخ کرده بوده است .

***

دربارهٔ ابوریحان بیرونی و شرح زندگانی و آثار او دراین جشن هزاره ، به قرار اطّلاعی که پیدا کرده‌ام ، کتابهای چندی در دست تألیف است وخواستاران معلومات بیشتر می‌توانند به‌آن کتابها مراجعه کنند . ولی برای آنکه داوری نویسندهٔ تاریخ علم بزرگ چون جورج سارتون در حق ابوریحان معلوم شود ، ترجمهٔ قسمتهایی ازجلد کتاب اوّل «**مدخل تاریخ علم**»[1] اورا دراینجا می‌آورم :

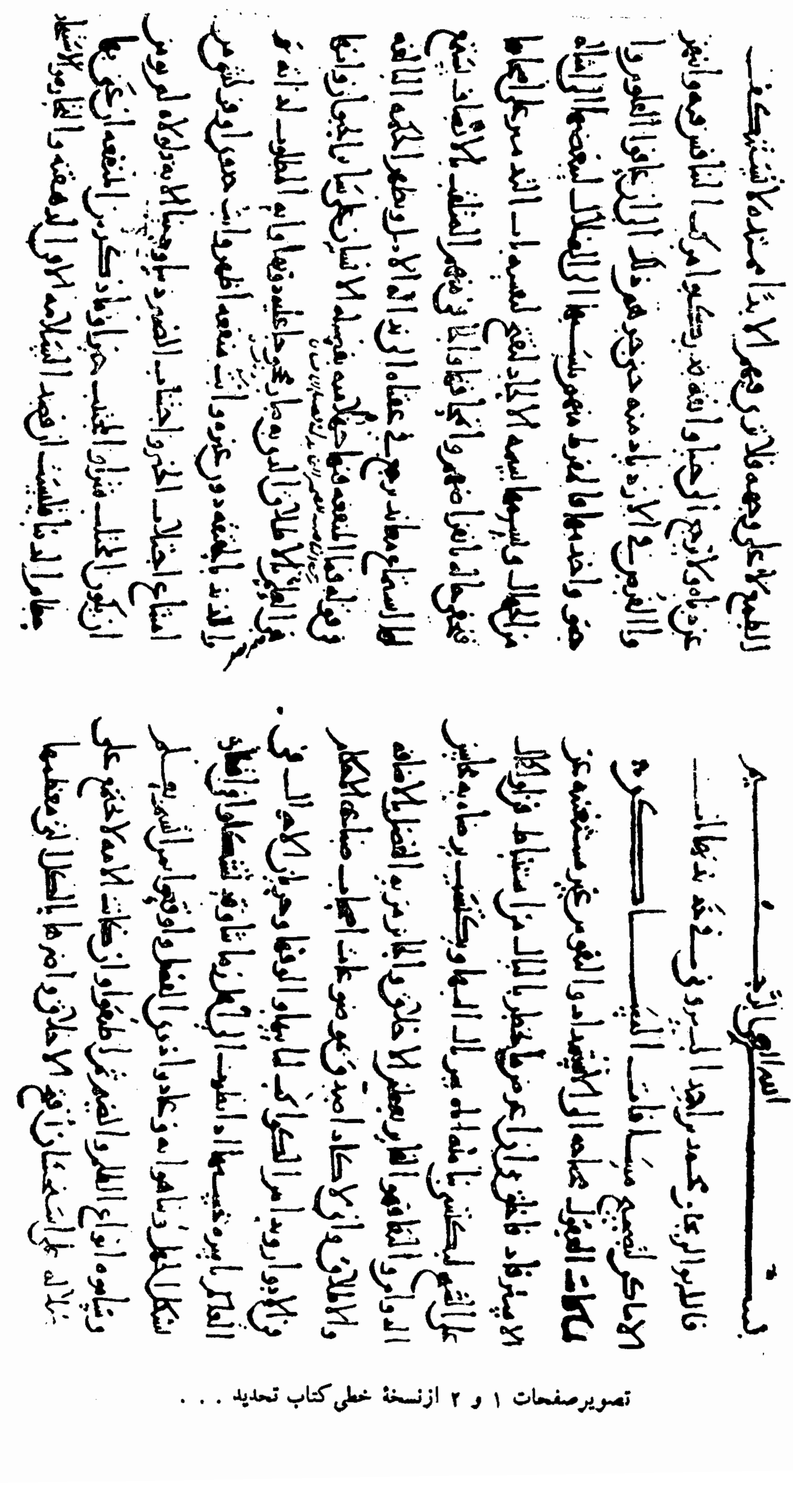
---

۱ ـ عنوان این کتاب چنین است :

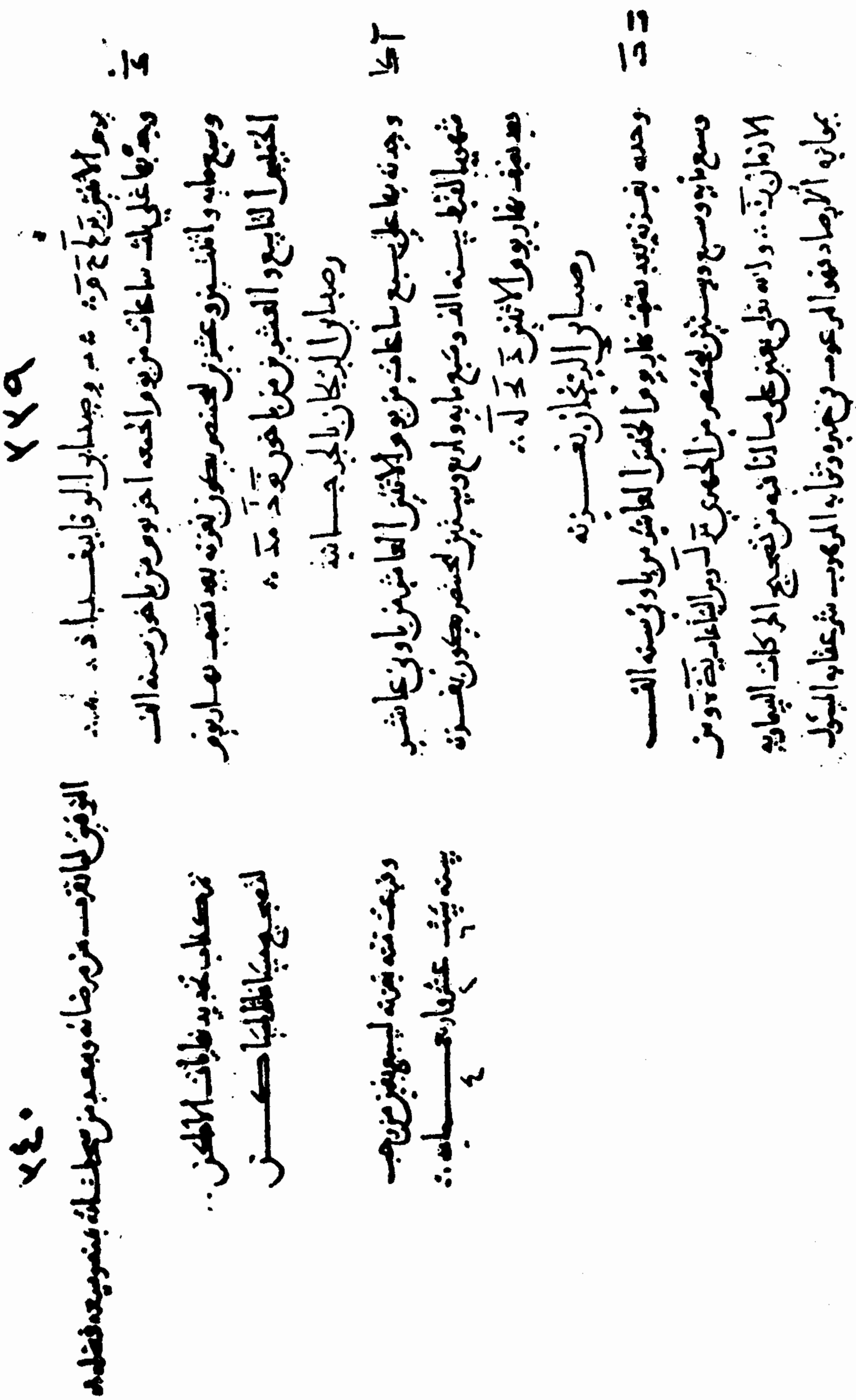
George Sarton, *Introduction to the history of science* (3 vols. in 5; Baltimore: Williams and Wilkins, 1927-1948.)

کتاب بسیار گرانبهایی است که ترجمه شدن آن به زبان فارسی کمال شایستگی و ضرورت‌را دارد . خود جورج‌سارتون درمقدمهٔ کتاب‌دیگری که بنا بود درچند جلد و به‌عنوان «**تاریخی از علم** *A History of Science*» منتشر کند ، نوشته‌است که چون کتاب **مدخل** را برای گروه خاصی نوشته‌بوده‌است، درنظر داردکه کتاب جدید خودرا به‌صورتی که بیشتر برای همگان سودمند باشد تألیف کند. متأسفانه عمر این دانشمند پرکار ودقیق ومنصف وفا نکرد که همهٔ این چند جلد را تألیف کند. یک‌جلد ازآن در حیاتش انتشار یافت که ترجمهٔ آن به‌قلم بنده به‌نام **تاریخ علم** چند سالی‌است منتشر شده و به‌چاپ دوم رسیده ؛ جلد دوم پس از مرگش انتشار یافت و با آنکه این جلد را نیز ترجمه کرده‌ام ، و خواستاران فراوان دارد ، معلوم نیست ناشر آن به چه سبب از چاپ‌کردن آن خودداری می‌کند . ذکر همهٔ این‌مقدمات‌برای‌بیان مطلبی‌است که جورج سارتون درحاشیهٔ شمارهٔ ۵۱ صفحهٔ ۲۲ ازجلد دوم **تاریخ علم** نوشته و بی‌آنکه نقل قولی‌کرده باشد ، پس‌از ذکر عبارت « پیغمبر اسلام » ،

بقیهٔ حاشیه درصفحهٔ بعد



تصویر صفحات ۱ و ۲ از نسخهٔ خطی کتاب تحدید . . .



تصویر صفحات ۳۳۹ و ۳۴۰ از نسخهٔ خطی کتاب تحدید ...

« فصل XXXIII »

« عصر بیرونی »

« (نیمهٔ اوّل قرن یازدهم [میلادی]) »

« تجدید فعّالیّتی که ازخصوصیّات نیمهٔ دوم قرن دهم بود ، با شدّت بیشتر در نیمهٔ اوّل قرن یازدهم دنبال شد . درآخرین‌فصل این‌کتاب خواهیم دیدکه این‌فعّالیّت عظیم‌را درنیمهٔ دوم این‌قرن کُند شدنی در پی بوده‌است؛ولی اکنون دراین باره از پیش چیزی نمی‌گوییم .

این نیمهٔ اوّل قرن یازدهم را باید اوج اندیشهٔ قرون وسطایی به‌شمار آورد . شمارهٔ بزرگان علم چندان زیاداست— ابن یونس ، ابن الهَیْثَم ، بیرونی ، ابن‌سینا ، علیّ بن‌عیسی ، کرخی [کرجی] ، ابن جابیرول (همه مسلمان ، جز آخری که یهودی بود) —که مایهٔ پریشانی مورّخ می‌شود . ولی ، باآنکه همهٔ اینان ، و مردان دیگری که پس‌از این نام خواهیم برد ، مردان برجسته‌ای بوده‌اند ، دو نفر در میان ایشان یک سر و گردن ازدیگران بلندترند: بیرونی وابن‌سینا . واساساً به‌علّت وجود همین‌دو نفر بوده‌است که‌این‌دوره چنان‌شکوه‌و برجستگی

بقیهٔ حاشیه ازصفحهٔ قبل

به همان قرارکه ما مسلمانان علامت اختصاری «صلعم» را به‌جای صلی‌الله علیه وآله وسلم می‌آوریم ، علامت اختصاری انگلیسی « ṣl‘m » را که همان صلعم است آورده است ، و به همین جهت برای اوکه بوی مسلمانی ازسخنش استشمام می‌شود ، طلب مغفرت می‌کنم و می‌گویم رحمةالله علیه رحمة واسعة.

پیدا کرده‌است . بیرونی روحیهٔ ماجراطلب‌تر ونقّادتری را نمایش می‌دهد ، درصورتیکه ابن سینا روحیهٔ ترکیبی دارد ؛ بیرونی بیشتر به یک مکتشف می‌ماند ، وازاین لحاظ به نمونهٔ دانشمند مثالی معاصر نزدیکتر است ؛ ابن سینا یک سازمان دهنده و یک مرد دایرةالمعارفی و یک فیلسوف بود . هردو بیش‌از هرچیز مرد دانش بودند ، و انتخاب میان آنان کاری دشوار است ؛ ولی با درنظر گرفتن این نکته که زندگی بیرونی بیشتر این دوره را پوشانیده‌است ، می‌توان گفت که به‌صورتی کاملتر نمایندهٔ این عصر است . نخستین اثر مهمّ بیرونی حدود سال ۱٬۰۰۰ [میلادی] تألیف شد ، و خود تا سال ۱۰۴۸ زنده بود ، بنابراین زمان فعّالیّت او ونیمهٔ اوّل قرن یازدهم را می‌توان عصر واحدی به‌شمار آورد ، وهمین به‌ما حق می‌دهد که این عصررا عصر بیرونی بنامیم و شاید چنین تطابق زمانی در هیچ‌یک ازنامگذاریهای‌دیگر عصرهای این کتاب وجود نداشته باشد» .

همین مؤلّف ، در آنجا که به شرح حال بیرونی پرداخته ، از جمله چنین نوشته است :

« ابوریحان محمّد بن احمد بیرونی (یا بَیْرونی) ، به‌سال ۹۷۳ در خوارزم (خیوه) به دنیا آمد ؛ مدّت درازی درهند زیست ؛ به‌سال ۱۰۴۸ ، محتملاً درغزنه (سجستان، افغانستان) از دنیا رفت . ایرانی بود ومذهب تشیّع داشت ؛ مذهب او با تمایلات عارفانه تلطیف شده بود . . . جهانگرد و فیلسوف و ریاضیدان و منجّم و جغرافیادان و دایرةالمعارفی بود . یکی از بزرگترین دانشمندان اسلام و ، با ملاحظهٔ همهٔ جوانب ،

یکی از بزرگترین دانشمندان همهٔ اعصار است . روح نقّادو تسامح و عشق به حقیقت و شجاعت عقلی او تقریباً در قرون وسطی همانند نداشت . مدّعی بود که «الله اعلم» نمی‌تواند عذرخواه جهل آدمی بوده باشد .

کتابهای چندی به‌زبان عربی درجغرافیا و ریاضیّات ونجوم تألیف کرد . آثار عمده‌اش اینهااست :

۱ — **الآثار الباقیة عن القرون الخالیة** که در سال ۱٬۰۰۰ تألیف کرد ، و موضوع بحث عمدهٔ آن گاهشماری و مبدأهای تاریخ اقوام مختلف است ؛

۲ — **تحقیق ماللهند** ... که گزارش و تاریخی از هند است و درغزنه حدود ۱٬۰۳۰ تألیف شده ؛

۳ — **القانون المسعودی** که دایرةالمعارفی نجومی‌است ، و ازآن جهت که به سلطان محمود غزنوی اهدا شده ، چنین نام یافته است ؛

٤ — **التّفهیم لاوائل صناعة التّنجیم** که خلاصه‌ای از ریاضیّات ونجوم واحکام نجوم است .

تحقیقات وی دربارهٔ هند برهمنی مبتنی برمطالعهٔ دقیق وعمیق سرزمین‌هندوستان ومردم‌آن‌بوده‌است. فلسفهٔ هندی، و بالخاصّه بْهَـگَـوَدْ گیتا سخت اورا فریفتهٔ خود کرده بود . چندین اثر از سانسکریت به عربی ترجمه‌کرد (مثلاً دوکتاب از وَراهَـمیهیرا منجّم هندی نیمهٔ اوّل قرن ششم) ، وازطرف دیگر وسیلهٔ انتقال معارف اسلامی به هندوان بود .

گزارش روشنی (بهترین گزارش قرون وسطایی) از

ترتیب شمار هندی به دست داد ؛ حاصل جمع جمله‌های یکٔ تصاعد هندسی را درخصوص مسئله‌ای مربوط به خانه‌های شطرنج حساب کرد ، وازآن عدد :

$$۱۶^{۱۶}-۱=۱۸٬۴۴۶٬۷۴۴٬۰۷۳٬۷۰۹٬۵۵۱٬۶۱۵$$

را به‌دست‌آورد . درتثلیث زاویه ومسائل دیگری کار کرد که تنها باخطکش و پرگار حلّ آنها ممکن‌نیست (مسائل‌بیرونی). ساختن تصویر ساده شدهٔ رسم‌الجسمی مشابه آنچه توسّط نیکولوزی دی پاتیرنو در ۱۶۶۰ انتشار یافت ازکارهای او است . . .

درجغرافیا ، بدون شکٔ بیرونی‌را باید یکی‌از بزرگترین دانشمندان جغرافیای سراسر زمانها به شمار آورد . خدمت وی به جغرافیا در زمینه‌های گوناگون بود . جنبهٔ ریاضی‌این دانش‌را توسعه داد و اندازه‌گیریهای زمینپیمایی کرد وبا صحّت جالب توجّهی مختصات جغرافیایی عدّه‌ای ازامکنه‌را اندازه گرفت . توصیف وی ازهندوستان اثر جغرافیایی بزرگی است که اهمیّت بسیار اساسی دارد . پیداشدن چشمه‌های طبیعی و چاههای آرتزین‌را ازروی قوانین‌ایستابشناسی (هیدروستاتیکٔ) توضیح داد . به این امر متوجّه شد که درهٔ سند محتملاً بستر دریایی قدیمی بوده که رفته رفته با رسوبات پر شده است .

بیرونی مشاهدات‌گرانبهایی دربارهٔ موضوعهای‌مربوط به علوم طبیعی دارد ، از جمله اینکه نخستین بار متوجّه این مسئله شد که گلبرگهای گل با نظم خاص برروی گل قرار گرفته‌است ، واینکه گلها ۳ یا ۴ یا ۵ یا ۶ یا ۱۸ گلبرگٔ دارند ،

وهرگز ۷ یا ۹ گلبرگ ندارند .

در فیزیک و تکنولوژی ، وزن مخصوص دقیق هجده گوهررا اندازه گرفت ، و توجّه به این امر که سرعت نور به صورتی دور ازتصوّر بیش‌از سرعت صوت است ، از او است» .

***

منتهای کوشش خودرا کرده‌ام که ترجمه هرچه بهتر بااصل مطابق باشد ؛ ولی کمال مخصوص خداوند متعال است و امیدوارم نقصهایی که از بیکمالی من برخاسته ، چندان زیاد نباشدکه خوانندگان دانشمند و موشکاف را ناراحت کنند و به جای دعای خیر و آفرین برمن نفرین کنند .

تهران ، ۱٤ مرداد ۱۳۵۲

احمد آرام

به نام خدای بخشندهٔ مهربان

چنین گفت ابوریحان محمّد بن احمد بیرونی در کتاب «**تَحْدیدُ نِهایاتِ الأماکن لِتَصحیحِ مسافاتِ المساکن**» : ۱

چون خردها به‌یاری جستن نیازمنداست ، وجانها از مدد خواستن بینیاز نیست، برمن چنان شاید که آنچه از دریافتن هنری یا تمام کردن آن برخاطر می‌گذرد، برشیخ عرضه کنم تا چون درآن نظرکند جامهٔ زیبایی پوشد ، و از خرسندی او به نیکوییهای جاودانی و پایندگی آراسته شود ، که او به پایگاه بلند اخلاق رسیده ، ودرفضل نسبی و مطلق برهمگان برتری یافته‌است .

چون درکار مردم این روزگار می‌نگرم ، و می‌بینم که همگان در همه جا سیمای نادانی به خود گرفته‌اند ، و با اصحاب فضل دشمنی می‌ورزند ، و هرکس را که به زیور دانش آراسته‌است می‌آزارند وگونه‌گونه ستم و بیداد دربارهٔ او می‌کنند، نزدیک‌است که آنچه اصحاب‌صناعت‌احکام‌نجوم در دَوْرها وتأثیرات کواکب درسده‌ها وهزاره‌های آن گفته‌اند، وگردش همهٔ کارهای جهان‌را از روی آن دانسته‌اند ، باور دارم !

باآنکه امّت برگمراهی یکسخن نمی‌شود ، چنان‌است که گویی همگان برنیک
شمردن ناپسندترین خویها و زیانمندترین آنها که آزمندیِ نه برراه درستِ آن‌است، گرد ۲
هم‌آمده‌اند . درمیان ایشان نمی‌بینی جز دستی که درازاست واز پستی‌خودداری نمی‌ورزد و به‌آزرم و بزرگمنشی باز نمی‌گردد . دراین باره برمرکب همچشمی سوارند و از هرفرصتی برای بیشتر نمودن این آزمندی بهره می‌گیرند ، وکار به جایی کشیده‌است که

یکباره دانشهارا ترك گفته‌اند و به خدمتگزاران دانش بیزاری می‌نمایند. کسانی ازایشان که‌دراین‌راه زیاده روی پیشی کرده‌اند، دانش را به‌گمراهی نسبت‌می‌دهند تا همانندان نادان خودرا به‌آن دشمن سازند ، و به‌آن رنگ بد دینی می‌زنند تا درِ کوفتن دارندگان دانش را برخود بگشایند و بدین‌گونه ، با برافتادن ایشان ، چگونگی احوال خودشان پوشیده بماند . وآنان‌که خوی درشت دارند وبرخود لقب داشتن انصاف نهاده‌اند ، همچون کینه توزی به سخنهای دانشی‌گوش فرا می‌دارند تا در پایان به نهاد بد خود باز گردند وفرزانگی تمام [!] خودرا باگفتن این سخن‌که «درآن چه سود است؟» آشکار سازند . و این بدان سبب‌است‌که از برتری آدمیان بردیگر جانوران آگاهی ندارند ، ونمی‌دانندکه این برتری تنها به دانش‌است‌که جز بدان برایشان حجّت نگیرند، واینکه علم به خودی خود خواستنی است ، وشادیِ راستین جز ازآن فراهم نمی‌شود . برای چیزی ، کدام سودمندی آشکارتر وکدام‌کارامدی بیشتر ازآن‌است‌که دسترس یافتن به سود و دوری جستن از زیان در دین ودنیا جز به‌آن فراهم نشود ، واگرآن نباشد ، بساکه آنچه به‌آن دست می‌یابند بدی باشد وآنچه ازآن دوری گزیده‌اند نیکی ؟

وآنچه از سود یادکردیم ، اگر مقصود ازآن خواستهٔ این جهانی باشد ، چون
۳ کسی خواستار سلامت باشد ، جز در دهقانی و بازرگانی واجاره‌کردن و اجاره دادن نیست ، که خودگرچه‌تهی ازدانشی‌نیست ، بیشتر به‌نیکوکارکردن‌وابسته‌است ؛ وچون در بند سلامت نباشد ، این سود ازکیمیاگری وفریبکاری وکفزنی و تدلیس و دزدی و خفه‌گیرکردن[1] مردمان به دست می‌آید . و راه سومی نیز برای رسیدن به سود هست که گمان نمی‌کنم آن‌کس‌که تاریکیِ آزمندی پرده برروشنی جان ودلش‌کشیده باشد ،

۱ ـ دراصل تحنیق [وشاید تخنیق] است‌که معنایی درخورموضوع ازآن به دست نمی‌آید ؛ به تصورمن این‌کلمه باید ترجمهٔ عربی اصطلاحی فارسی بوده باشدکه اکنون در زبان فارسی « خفه گیرکردن » است و درمعامله به معنی مغبون‌کردن خریدار یافروشنده درمعامله و سوء استفاده از نادانی او است ؛ بنابراین تخنیق مناسبتر به نظر می‌رسد.

ازآن دامن فرو چینند ، وآن سوداگری باده‌است و به مزد دادن پیشها و پسها و میانجی این کار درمیان نزدیکان و دوران بودن . وچگونه تواند بودکه آن‌کس که برای نیکو شمردن این‌گونه کارها بهانه‌های فراوان می‌تراشد و برآن است که فزون برشادی ابر منفعت را به باریدن وا می‌دارد، ازآنها پرهیز کند ؟

و گمان ندارم که چنین‌کس در رسیدن به سودی‌که ازآن یادکردم ، هرگز در بند جهان دیگر باشد ، و برفرض آنکه چنین رنجی برخود روا دارد ، آشکاراست‌که از عبادت ساده‌ای که با معرفت و جداکردن حقّ و باطل همراه نباشد بهره‌ای نخواهد برد . چنین عبادتی مایهٔ فریفتاری‌است و درجهان فراوان است واقوام‌گوناگون براین گونه رفتار می‌کنند ، وممکن نیست که باتضادّ آنان با یکدیگر همه برحق بوده باشند . وچون‌کسی برآن‌شودکه‌حقّ‌وباطل‌را ازیکدیگر بازشناسد، ناگزیر کارش‌به‌جستجوی احوال جهان و اینکه آیا همیشه بوده یا نوپدید است می‌انجامد ، و اگر خود را از این جستجو بی‌نیاز شمارد ، در راهی‌که پیش‌گرفته‌است ازآن بی‌نیاز نیست که درتدابیری که سامان جهان در یکپارچگی و پاره‌هایش برآن گردش دارد ، بیندیشد و برحقایق آن آگاه شود ، تا ازاین راه مدبّر جهان وصفات اورا بشناسد ، ودرپی‌آن به شناختن ۴
پیغمبری واینکه درچه زمان بایسته ودر چه زمان نابایسته‌است راه یابد ، وسپس درآن جستجوکندکه پیغمبررا ازآنکه پیغمبری‌را برخود بسته‌است باز شناسد؛ چه‌کسانی‌که خودرا پیغمبر خوانده‌اند فراوانند ، وچون بایکدیگر اختلاف دارند ، ناگزیر درمیان آنان کسانی بوده‌اندکه مایهٔ گمراهی مردمان شده‌اند .

واین جستجو ونگرش همان‌است‌که خدای تعالی ازبندگان‌خردمند خود خواسته است ، درآنجاکه گفته‌است ــ وگفته‌اش راست و روشنگراست ــ : «وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوَاتِ وَالْأَرْضِ : رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَاطِلًا [۱] ــ [ودرآفرینش آسمانها و زمین می‌اندیشند [ومی‌گویند] : پروردگارا ، این همه‌را برباطل نیافریدی] » . واین آیهٔ شریفه همهٔ آنچه را به تفصیل بیان کردم فرا می‌گیرد ، و اگر آدمی درست

۱ ـ سورهٔ آل عمران، آیهٔ ۱۹۱ .

بر آن کار کند ، به همهٔ دانشها وشناختها دست خواهد یافت . واین کار یا از راه تقلید و بازگو کردن گفته‌های دیگران است ، و یا از راه دریافتن آن به میانجیگری دانش و معرفت . و میان محقّق و مقلّد تفاوت بسیاراست : «هَلْ یَسْتَوِی اَلَّذِینَ یَعْلَمونَ وَاَلَّذِینَ لایَعْلَمونَ ؟ اِنَّما یَتَذَکَّرُ اُولُوا اَلْاَلْبابِ ۱ ← [آیا کسانی که می‌دانند وکسانی که نمی‌دانند بایکدیگر برابرند ؟ تنها خردمندان پند می‌پذیرند] » ؛ مقلّد در این اصول همچون مقلّد در فروع است که همگان به چشم نادانی دراو می‌نگرند ؛ وخدا در این راه آدمی‌را به آنچه درست‌است کامیاب می‌کند .

واما دانشها : علاوه برآنکه آدمی به طبع پذیرای آنهااست ، بودن وی مدّتی دراین جهان نیز که باید برآنچه برعهده دارد برخیزد ، اورا به فراگرفتن این دانشها ناگزیر می‌کند : چه ازآن روکه نیاز فراوان دارد، و به کم خرسند نمی‌شود، وبافراوانیِ دشمنان از افزارهای دورکردن آنان بی بهره است، ناچار باید با همجنسان خود شهرنشینی گزینند ، تا همگان به یاری یکدیگر برخیزند و هریک به‌کاری بپردازد که سود آن به خودش ودیگران برسد . وهمهٔ آنان نیازمند چیزی‌هستند که بتوان بابخش‌کردن آن‌را چند پاره‌کرد و باچند برابرکردن‌آن را برهم انباشت ، تا این چیز دربرابر کارها و نیازهای مردم که خود به خود با یکدیگر همسنگ نیست وهمگان یکسان به‌آن نیاز ندارند قرار داده شود . به همین جهت‌است که مردمان نظام معاوضه و بها را برپایهٔ فلزّات گدازنده وگوهرهای گرانبها وآنچه به اینها مانند است وکمیاب و پردوام ونیکو منظراست نهاده‌اند . و این نظام بها و معاوضه را برپایهٔ بخش‌کردن از روی دادگری گذاشته‌اند که دزدان وستمگران نیز درمیان خود ازآن بی‌نیاز نیستند، و حتّی پرنده‌ای چون حَواصِل درنگاهداشت دادگری در بخش‌کردن آنچه با دیگران به‌دست‌آورده چنین‌است . این پرندگان بر بالای پایاب به دوگروه بخش می‌شوند : گروهی با زدن بال برآب ماهیان را پریشان می‌کنند وآنهارا به سویی روانه می‌کنند ، وگروهی دیگر که

---

۱ - سورهٔ زمر ، آیهٔ ۹.

درآن سو کمین کرده است به‌صید آنها می‌پردازد . واین گروه دوم به‌تنهایی آنچه‌را صید کرده است نمی‌خورد، بلکه افرادآن، ماهیان‌را درکیسه‌هایی که درپایهٔ دهان‌خود دارند گرد می‌کنند ، وچون کار به پایان رسید آنهارا بیرون می‌آورند و میان خود برابر بخش می‌کنند . وخدای تعالی برهرچیز توانا است .

وچون‌مردم شهرنشین برآن‌آزمنداست‌که هرچه‌را از «اَلْقَناطيرِ اَلْمُقَنْطَرَةِ مِنَ اَلذَّهَبِ وَاَلْفِضَّةِ وَاَلْخَيْلِ اَلْمُسَوَّمَةِ وَاَلْأَنْعامِ وَاَلْحَرْثِ[1] ← [پوستهای گاو آکنده از زر و سیم و اسبان داغدار و چارپایان وکشت] » که او را خوش‌آید گرد کند ، برای انتقال دادن این‌گونه چیزها و پاره‌های مبادله شدهٔ آن از ملک دیگری به ملک خود ، و بخش کردن آن میان کسانی‌که با پرداختن بها یا در مرده ریگ بااو انبازی دارند، ناگزیر به‌شماردن و پیمان کردن نیازمنداست، وهمین‌است که پایه‌های دانشهایِ به نامِ ریاضیّات وتَعالیم وهندسه‌را می‌سازد وسودآنهاهمان‌است که گفتیم . ٦

و چون آدمی از هوایی دم می‌زندکه پذیرای گونه‌های آفتها است ، و ازآب و گیاهی می‌خوردکه گونه‌گونگی فراوان‌دارد، وآماج پیشامدهای‌آسمانی و زمینی‌است‌که ازبیرون براو فرود می‌آید، یا پیشامدهای دیگری‌که از درونِ تن وجانش‌را می‌سوزاند، و باز داشتن بعضی ازآن پیشامدها شدنی‌است ، و برای هرچیزی ضدّی فراهم است ، آزمایشها و قیاسها اورا به‌دو دانش پزشکی ودامپزشکی رهنمون‌شده وباگذشت‌روزگار بردانش طبیعی دست یافته‌است‌که نه تنها انسان بلکه بیشتر جانوران را سودمنداست ، هرچند این دانش دربرابر علم مطلق چندان ارجی ندارد .

و چون توانگران شهرنشین از پرداختن به‌آن دسته از خوشیها که بازگشت آن به‌نغمه‌ها و اَلحان است بینیاز نیستند، بلکه درویشان دراین باره آزمندتر ازتوانگرانند و به پارسایانشان نیز پروانهٔ شنیدن آنها داده شده ، وآواز ونغمه ، بدان سبب که جان

---

۱ - سورهٔ آل عمران ، آیهٔ ۱٤ .

آدمی نظام وآهنگداری را پذیراتر است ، چون به‌آهنگ باشد در جان بیشتر تأثیر
می‌کند ، و به همین جهت است که به شعر به سبب نظامی که دارد رو می‌کند و چون با ٧
نغمه ولحن همراه باشد ونظم شعر بانظم آهنگ درهم آمیخته شود ، بیشتر به‌آن گرایش
پیدا می‌کند ، ریاضیدانان دراین باره به جستجو پرداختند و پایه‌های دانشی‌راکه به نام
دانش موسیقی شناخته شده‌است ریختند .

ونیز چون آدمی بنابرنهاد خود خواستار دانستن‌است ، و آزمند آن است که از
هرچه بر وی پوشیده است آگاه شود ، ومی‌خواهد ازآنچه بر وی پیش خواهد آمد
باخبر شود ، تا ازاین راه بتواند به دوراندیشی برسد واز پیشامدهایی که دورکردن‌آنها
شدنی‌است دوری جوید ، وازتأثیرات‌خورشید درآب‌وهواگونه‌گونگیهایی‌پدید می‌آیدکه
با فصلهای سال گردش می‌کند ، و ازتأثیر ماه در دریاها و تریها گونه‌گونگیهایی درهر
چار یک ماه و درهرشبانه روز پدید می‌آید ، آنچه را ازماه و خورشید دیده و دانسته
برای دیگر ستارگان نیز پذیرفته ، و ازاین راه صناعت احکام نجوم برروش‌خاصّ‌خود
بی هیچ دشواری و بستن چیزی به این دانش‌که ازآن نیست پدید آمده‌است .

وچون آدمی سخنگواست ، و بامخالفان خود درکارهای دنیا وآخرت به مجادله و
مشاجره برمی‌خیزد ، برای سخن‌گفتن به ترازویی نیاز دارد . چه سخنی که گفته می‌شود
می‌تواند راست باشد یا دروغ ، وقیاسی که ازاین سخن درجَدَل فراهم می‌آید ، هم می‌تواند
با مغالطه همراه باشد وگمراه‌کند و هم می‌تواند درست باشد و حق‌را آشکار سازد ؛ و ٨
آن ترازوکه‌گفتم برای‌آن‌است که افزار سنجش کلام باشد وهنگام اشتباه‌آن‌را درست
کند . آدمی این ترازو را یافته وهمان‌است که منطق نام دارد .

ازکسی درشگفتم که ازمنطق بیزاری می‌نماید و چون از دریافت آن ناتوان‌است
آن‌را به نامهای عجیب می‌نامد . و چون چنین‌کسی تنبلی را از خود دورکند و سستی را
کنارگذارد و به خواندن نحو وعَروض ومنطق که به سخن‌گفتن یاری می‌دهند برخیزد ،
درخواهد یافت که سخن به‌گوهر خود به دو بخش نثر ونظم بخشیده می‌شود که نحو برای

سخن‌منثور وعروض برای سخن منظوم همچون دو ترازوی راستگو و راستگراست ونحو، ازآن جهت که نثر ونظم هردو را فرا می‌گیرد ، ازاین دوکلّیتراست .

ولی این هردوگونهٔ سخن عبارت از معنایی‌است که گوینده آهنگ آشکارکردن آن را دارد، ومعانی چون برای قیاس بایکدیگر ترکیب شود ، معنای دیگری‌را اثبات یا نفی می‌کند . پس منطق و مقیاسهای آن همچون محکی برای این‌ترکیب‌است وفراگیری وکلّیّت آن همچون نحو است . و این هرسه همچون اسبانی هستندکه در اسبدوانی در کنار یکدیگر می تازند و اگر یکی ازآنها زخمی بیند به دیگران نیز زخمی همانندْ خواهد رسید .

امّا ازآنجاکه منطق منسوب به ارسطوطالیس‌است ، ودراندیشه‌ها واعتقادهای او چیزهایی دیده‌اندکه با اسلام موافق نیست ، واین بدان جهت‌است‌که در زمان وی یونانیان و رومیان ستاره و بت می‌پرستیدند و او هرچه گفته بنا بر دید و اندیشهٔ خود ۹
نه بنا بر دینی گفته است ، کسانی که در زمان ما سخت تعصّب می‌ورزند ، و به خاطر ارسطوطالیس هر کس را که نامش به حرف سین پایان می‌پذیرد به‌کفر وبیدینی‌منسوب می‌کنند . و باید دانست که حرف سین در نامهای ایشان حرف اصلی نیست بلکه همان مقام‌را داردکه رَفْع برای مُبْتَدا درزبان عربی دارد . ولی ازچیزی به‌خاطرخشمگینی نسبت به‌دارندهٔ آن چشم پوشیدن وآن‌را نادرست نمایاندن،واز حق به خاطرگمراهی گویندهٔ آن دوری کردن ، برخلاف آن‌است که در قرآن آمده‌است ؛ خدای تعالی گفت : «اَلَّذينَ يَسْتَمِعونَ اَلْقَوْلَ فَيَتَّبِعونَ اَحْسَنَهُ ، أُولٰئِكَ اَلَّذينَ هَداهُمُ اَللّهُ[1] ← [آنان که به سخن گوش فرا می‌دارند و در پی نیکوترین آن می‌روند ، کسانی هستند که خدا برراه راستشان داشته است] » . آری، منطق به الفاظی نوشته شده که همانند الفاظ یونانیان است ، وعبارت آن جز عبارتی‌است‌که میان اهل زبان متداول است ، و موضوع آن باریک و لطیف‌است و دریافت آن بر مردمان دشواری

---

۱ ـ سورهٔ زمر ، آیهٔ ۱۸ .

دارد ، و به همین جهت است که از آن روگردان می‌شوند .

وما اکنون می‌بینیم که درجدل و اصول علم کلام واصول علم فقه ، **همین منطق** را با الفاظ متداول خود به‌کار می‌برند وهیچ نسبت به‌آن بیزاری نمی‌نمایند ؛ ولی چون از کلماتی همچون **ایساغوجی** و **قاطیغوریاس** و **باری أَرْمِنیاس** و **أَنولوطیقا** دربرابر ایشان یاد شود ، روی ترش می‌کنند وگویی می‌خواهند جان از تن ایشان بیرون آرند . و حق باایشان است وگناه از مترجمان است ، چه اگر نامهارا به عربی برمی‌گرداندند و [به جای
۱۰ آن کلمات] **مدخل** و **مقولات** و **عبارت** و **قیاس** و **برهان** می‌آوردند ، همگان به پذیرفتن آن شتاب می‌ورزیدند وازآن روی بر نمی‌تافتند .

این است حال دانشها که ازنیازهای ناگزیری انسان در زندگی پیداشده وبرحسب آن تسلسل و تکامل پیدا کرده است ؛ و برآمدن نیاز از دانش سود آن است نه اینکه سیم و زری دربرابر آن به دست آید .

و این بلاغتی که در زبان عربی است ، اگر از سود آن پرسیده شود ، برتری گوهری آن است که پیغمبر علیه‌السّلام دربارهٔ آن گفته است : «إِنَّ مِنَ ٱلْبَیَانِ لَسِحْراً ← سخنی هست که کار جادو می‌کند» ، واز همین است که معجزه بودن قرآن که ریشهٔ اسلام و ایمان است صورت پذیرفته است . و باهمین بلاغت است که برخی از مردم در نزد بعضی دیگر سودمند می‌شوند و از به‌کار بردن آن به بالاترین بهره‌ها و آرزوهای دنیایی می‌رسند ، وچندان پیش می‌روند که به پایگاه وزارت که دنبال پایگاه خلافت است دست می‌یابند . و بسا باشد که دارندهٔ چنین بلاغتی برای خود بازاری نیابد که آن‌را از زبان عربی به زبان دیگری انتقال‌دهد ، که دراین صورت دارندهٔ آن باری بر دوش بلاغت وبلاغت سنگینی خاطری برای دارندهٔ آن می‌شود و برای گرسنگی او درمانی نتواند بود . و باید دانست که چون چنین باشد ، از فضیلتِ دارندهٔ بلاغت کاسته نمی‌شود ، و ارج کسی را که از چیزی جزآن بهره‌مند است افزونتر نمی‌کند ، چه برتری ذاتی هرچیز جز سودی است که به سبب آن فراهم می‌شود .

مرا با یکی از ادیبان در لغت نشستی بود که درآن سخن از کتابُ ٱلْمَسالِکِ وَٱلْمَمالِکْ (راهها و کشورها) به‌میان آمد؛ آن ادیب سخن در کاستن ارج این کتاب از اندازه گذراند و نزدیک بود که آن را از گروه علوم و معارف بیرون راند . پایهٔ سخنش برسودمندی بود و می‌گفت که از دانستن اندازهٔ مسافتهای میان ممالک چه‌سودی به‌دست می‌آید . ازاو درشگفت شدم — و چه جای شگفتی که آرزوها گونه‌گون‌است و خواسته‌ها رنگارنگ ! و درآنچه گفت ما را با او ستیزی نیست ، جزاینکه مقیّد کردن سود به یک شخص نه به‌دیگری بهتر ازآن است که به‌صورت مطلق و کلّی‌چنین گفته شود . ۱۱

ومیان این‌کس با کسی از مردم زمان ما که با خود او رو به رو می‌شود وفارسی را برعربی برگزیده‌است ، هیچ فرقی نیست که به او می‌گوید : از مرفوع کردن فاعل و منصوب کردن مفعول به و چیزهای دیگری از ساختمانهای غریب زبان عربی که تو از آنها آگاهی چه حاصل که من از ریشه به زبان عربی نیازی ندارم ؟ واین سخنی‌است که نسبت به شخص او درست درمی‌آید نه به صورت مطلق .

و چگونه از وی درشگفت نشوم که سخن خدای تعالی را می‌خواند که : « قُلْ سیروا فِـی ٱلْأَرْضِ ، ثُمَّ ٱنْظُروا کَیْفَ کانَ عاقِبَةُ ٱلْمُکَذِّبینَ [1] ← [بگو : در زمین گردش کنید وآنگاه ببینید که پایان کار تکذیب کنندگان چگونه‌بوده‌است] » ، و این گفته‌اش : « أَوَ لَمْ یَسیروا فِـی ٱلْأَرْضِ فَیَنْظُروا کَیْفَ کانَ عاقِبَةُ ٱلَّذینَ مِنْ قَبْلِهِمْ [2] ← [چرا در زمین گردش نمی‌کنند تا ببینند که پایان کار کسانی که پیش‌از ایشان بوده‌اند چگونه بوده‌است] » ، واین گفته‌اش : « فَأَسْرِ بِأَهْلِکَ بِقِطْعٍ مِنَ ٱللَّیْلِ [3] ← [پس کوچ کن باخاندان خود در پاره‌ای ازشب] » ، ودیگر فرمانهای خدا به‌سیر کردن در روز یا درشب برای‌پند گرفتن وجهاد کردن وحج گزاردن

---

۱ ـ سورهٔ أنعام ، آیهٔ ۱۱ .　　۲ ـ سورهٔ فاطر ، آیهٔ ٤٤ .

۳ـ هود ، آیهٔ ۸۱ .

۱۲ وهجرت کردن واز بهرهٔ خود دراین دنیا که نباید فراموش شود[۱] بهره‌مند شدن و دیگر چیزها که جز با رفتن به‌سفرهای دشوار فراهم نمی‌شود . ودلیل دیگر آن‌است حکایتهایی که خدا از سفرهای اولیا و پیامبرانش آورده وازاین‌کار ایشان خشنودی نموده‌است ، همچون رسیدن ذُوالْقَرْنَیْن به جای بر آمدن و فرو رفتن خورشید[۲] ، ورسیدن موسی به جایگاه پیوستن دو دریا (مَجْمَعَ ٱلْبَحْرَیْنِ[۳]) و سفر شبانهٔ پیغمبر صلّی‌الله علیه از مسجد حرام تا مسجد اقصی[۴] ، وکوچیدنش از مکّه به مدینه و سفرهایش در جنگها وآنچه به این پیوسته است همچون نکوهش کسانی‌که از سفر جهاد بازنشستگی نموده وتخلّف ورزیده بودند[۵] .

آیا به‌گزاف و چشم بسته سفر می‌کردند و سَمّ را به تجربه می‌نوشیدند ، یا اینکه در راهی‌که به مقاصدشان می‌رسید گام برمی‌داشتند و به نشانه‌های راهها (مسالک) پیش می‌رفتند وحساب فاصله‌های منزلگاهها و جاهای یافتن آب‌را نگاه می‌داشتند و پا برجای پای راهنمایانی می‌نهادند‌که خدا با ستارگان بر ایشان منّت نهاد تا راه خودرا در تاریکیهای خشکی ودریا به‌آنها بیابند ؟ وآیا نسبت به‌ایشان همچون آموزنده‌ای دربرابر دانشمند و راهجویی دربرابر راهنما نبودند ؟

وکسی‌که از سفرکردن باز مانده‌است ، برای آنکه نمونه‌ای به دست آورد ، باید حال آن‌کس را که درشهری بیگانه‌است و از کویها و بازارها وگذرگاههای آن
۱۳ آگاهی ندارد ، با حال کسی از مردم آن شهر بسنجد‌که به همهٔ اینها آشناست ؛ آیا میان حالهای این دوکس ازلحاظ آرامش خاطر و پریشانخاطری وسرگردانی و راهدانی تفاوت بسیار نیست ؟! و چنین است حال مسافری‌که با دانستن مسالک سفر می‌کند نسبت به حال کسی‌که ازآنها آگاهی ندارد .

---

۱ ـ اشاره است به آیهٔ ۷۷ از سورهٔ قصص. ۲ ـ آیات ۹۰-۸۲ ازسورهٔ کهف. ۳ ـ آیهٔ ۶۰ از سورهٔ کهف. ۴ ـ سورهٔ اسراء.

۵ ـ سورهٔ نساء آیهٔ ۹۵؛ سورهٔ توبه ، آیهٔ ۴۶ و ۸۱ و ۸۶؛ سورهٔ فتح ، آیهٔ ۱۱ و۱۵ و۱۶ .

و اگر از این‌راه شناختن سودی که گفتیم بر وی آشکار نشود، باشد که از ارجمندی کبوتران نامه‌بر این‌را بداند که ارج هرسود راهنمایی و دانشی‌است که از آن به دست می‌آید، و ارزش هرانسان بلکه هر کبوتر و هرجانور به نیکویی کاری است که انجام می‌دهد؛ یا باشد که از پناه جستن کاروانهای گم شده برای جستن جادّه‌ها به‌شتر راهدان به‌سود این دانایی آگاه شود؛ پس باید چیزی‌را بزرگ داشت که چندان مایهٔ ارجمندی شتری می‌شود که انسان زندهٔ سخنگو به او پناه می‌برد.

و اگر از گزارش خالِد بن وَلید هنگام سپردن بیابان میان عراق وشام آگاه بود و می‌دانست که چون وی وسپاهیانش درآن بیابان راه خودرا گم کرده بودند، راهنمای نیمه‌کوری که درست نمی‌توانست ببیند از روی نشانه‌ها آنان‌را به‌جایگاه آب رسانید، آنگاه می‌دانست که چنین راهنمایی گروههایی از مردمان را که از جان خود نومید شده بودند چگونه از مرگ رهانید.

و درنزدیکی روزگار ما یکی از رَهْبانانِ (رَبّانِیَّة [1]) سیراف، به‌نام مافنّا، که از راههای دریا نیک آگاه بود، باگرفتن مزد فراوان به خدمت یکی از ناخدایان (نَواخِذَة [2]) که‌آهنگ چین‌داشت درآمد. چون به‌نزدیکی اَبْوابِ (دروازه‌های) چین رسیدند که جایگاه ریختن رودها به دریا درمیان کوههای بلند بود، باد آنان‌را از درآمدن به بابی که به شهر خانْفو نخستین شهر چین می‌رسید و مقصد ایشان همان جا بود، باز داشت. مافنّا آهنگ باب دیگری کرد که به شهر دیگری جز خانْفو ۱۴
می‌انجامید؛ صاحب کشتی ازاو خواست که کشتی را به دریا بازگرداند و به همان باب نخستین که مقصد او بود درآورد؛ مافنّا اورا ازگزند دریا که ازآن رهایی یافته‌بود بیم داد و سودمند نیفتاد، و چون به پهنهٔ دریا بازگشتند باد سختی وزید وکشتی را درهم

---

۱ ـ این کلمهٔ عربی جمع ربان‌است که ازفارسی رهبان گرفته شده، و رهبانان‌ایرانی خلیج فارس از روزگاران کهن به شناسایی راههای دریایی نامدار بوده‌اند و هنوز هم چنین‌است. ۲ ـ نواخذة جمع عربی کلمهٔ فارسی ناخدا یا ناو خدا است.

شکست . مافنّا به تخته پاره‌ای آویخت و سه شبانه روز در دریا سرگردان بود تا اینکه سُنبُکی[1] که از زابَج [جاوه ؟] به چین می‌رفت و راه‌را گم‌کرده بود بر وی گذشت و او خودرا به مردمان سنبک نمایاند و برای شهرتی که داشت برکشتی سوارش کردند و به‌دیدن او شادمان شدند و ازاو خواستند که راهنمای‌ایشان باشد . مافنّا مزد خواست وصاحب سنبک خشمناک شد وگفت: آیا این بس نبود که جانت‌را ازمرگ رهانیدیم ؟ اکنون که درسلامتی شریک ما هستی ازما مزد می‌خواهی ؟ مافنّا گفت : تا به‌من مالی ندهید راه را به‌شما نخواهم نمود ، چه مرگ ودرآمدن به چین بااین حال برای‌من یکسان است . صاحب سنبک گفت : اگر راه را به من ننمایی ترا به حالی که داشتی باز می‌گردانم : مافنّا گفت : هرچه خواهی کن . پس وی را برآن چوب که بدان آویخته بود انداختند و به‌راه خود رفتند وچندان سرگردان ماندند تا تباه شدند . مافنّا دو روز در دریا ماند تا سنبک گم شدهٔ دیگری براوگذشت که چون مردمان آن از حال او باخبر شدند وآهنگ اورا دربارهٔ خود پرسیدند ، گفت : یا مزد دهید یا مرا به دریا بازگردانید؛ دویست مثقال زر به او دادند و وی سکّان کشتی به دست‌گرفت و بُلْد[2] را که پاره سرب سنگینی است و باآن اندازهٔ گودی دریا و برجستگی کوههای آن آشکار می‌شود به دریا انداخت و اندکی از گل کف دریا برآورد وآن را بویید و جای خودرا باز شناخت وآنان را به سلامت به راه درست رسانید .

چنان پندار که وی، به‌علّت باز نشستن ازحرکت وهمنشین‌شدن با بازنشستگان[3]

---

۱ ـ سنبک فارسی و به معنی کشتی کوچک است و درمتن صورت عربی آن، سنبوق ، آمده است.

۲ ـ دراصل نسخه « برد » آمده و ناشر متن عربی آن‌را به « بلد » اصلاح کرده وگفته‌است که این کلمه‌فارسی‌است و ابن‌ماجد (درکتاب **ثلاث راهما نجات المجهولة لاحمدبن‌ماجد** ، چاپ‌وترجمهٔ تئودور شوموسکی، مسکو ـ لنینگراد ۱۹۰۸) این کلمه را مکرر آورده است. در **تاج‌العروس** نیز بلده به همین معنی آمده‌است.

۳ ـ اشاره به آیات ۸۷ و ۹۳ از سورهٔ توبه .

ازاین‌گونه دانشها بینیاز باشد. آیا آدمی به‌نهاد خود آزمند دانستن آنچه بر وی پوشیده و پنهان‌است نیست؟ ، تاآنجاکه کودکان هنگام ناآرامی وکج خلقی جز به‌شنیدن اخبار شادمان نمی‌شوند وتوانگران ، درآن هنگام‌که ازخوشیها افسرده می‌شوند ، جز به‌شنیدن داستانها آرامش وآسایش پیدا نمی‌کنند. و به همین جهت‌است که کتابهای‌تاریخ نوشته شده واخبارگذشتگانی که ازحیث زمان همان‌گونه از ما دورندکه شهرها از لحاظ مکان دورند ، گردآوری شده‌است. و امّا نادیده‌های مکانی بدان سبب برنادیده‌های زمانی برتری داردکه آن یک اکنون هست و این یک ازمیان رفته‌است. و چنین است که بیشترین مردمان ، اگر سنگینی رنجی‌که باید در سفر برخود هموارکنند و موانعی‌که برداشتن آنها از پیش پا بیش‌از توانائی ایشان‌است درمیان نبود ، چنان می‌خواستند که همهٔ سرزمینها را از زیر پا بگذرانند و به دیدارکشورها درهمه سوی زمین بروند ؛کمتر کسی‌است که‌آرزوی فراوان به‌نگریستن برپیشامدها نداشته‌باشد، مگرانکه بازدارندهٔ ۱۶
عقلی یا عارضهٔ بدنی اورا ازکار باز داردکه دراین صورت بردباری می‌نماید و برهوای خود پیروز می‌شود.

سپس‌ازهمهٔ اینها چشم می‌پوشیم و به‌خاطرکسی که منکرآنهااست آنهارا به‌کناری می‌گذاریم ، وتنها به یادآوری ازنیاز فراوانی‌که به یافتن جهت قبله داریم که برای برپا کردن ستون اسلام وقطب‌آن ناگزیری‌است بس می‌کنیم. خدای تعالی گفت: «وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ ٱلْمَسْجِدِ ٱلْحَرَامِ ؛ وَحَيْثُ مَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ [1] ← [و از هرجا بیرون رفتی ، پس روی خود به سوی مسجد حرام کن ؛ وهرجا باشید روهای خود به جانب آن کنید]». واین از بدیهیّات عقلی‌است که برحسب جهات مختلفِ دور شدن ازکعبه ، شکل روگرداندن به‌سوی آن تغییر می‌پذیرد ، و این درخود مسجد حرام آشکار است تا چه رسد به جاهای دیگر! اگر مسافت [تا خانهٔ کعبه] اندك باشد ، هرکوشنده‌ای به یافتن جهت قبله راه می‌برد،

---

۱ ـ سورهٔ بقره ، آیهٔ ۱۵۰.

ولی چون از خانهٔ کعبه دور باشیم ، جز اصحاب علم هیئت راه به‌آن نمی‌برند .

هرکار مردان ویژهٔ خودرا دارد ، واینان [دانشمندان هیئت] طولهای شهرها را که نمایندهٔ دوری آنها درجهت خاور وباختر است ، وعرضهای شهرهاراکه نمایندهٔ دوری‌آنها درجهت‌شمال‌وجنوب‌است‌یافته‌اند، و این‌کار را به‌یاری قضایای موجود در هیئت‌که برپایهٔ حرکت چیزهای‌سنگین به‌سوی مرکز [زمین]است به‌انجام رسانیده‌اند. چیزی‌که هست ، چون مردمان [دانشمندان درعلوم دیگر جز هیئت]کاررا به‌کاردان
١٧ نسپرده‌اند ، و به سبب آنکه خود بردقایق یک علم آگاهند دچار خودبینی شده‌اند، و چنان می‌پندارند که بردانشهای دیگر می‌توانند جز از راه اصول و مَبادی آنها دست یابند ، دچار اشتباه شده‌اند و چنان‌است که برای یافتن جهت قبله به پیدا کردن جای وزیدن بادها وبرآمدن خانه‌های‌ماه وجزاین می‌پردازند‌که دراین‌باره‌هیچ سودی‌ندارد .

برای اصحاب صناعت [نجوم] نیز این‌کار دشواری دارد ، تا چه رسد به‌کسانی که هیچ ازآن آگاهی ندارند ! وشگفت‌انگیزترین آنان کسی‌است که به یافتن زوال [لحظهٔ گذشتن آفتاب از نصف‌النّهار] می‌پردازد وچنان می‌پنداردکه نیمروز درسراسر آبادیهای زمین در یک زمان صورت می‌گیرد و براین گفته مقدّمهٔ دیگری را می‌افزاید که خورشید درست از بالای سر مردمان مکّه می‌گذرد ، وسپس ازاین‌دومقدّمه قیاسی می‌سازد و می‌گویدکه هنگام زوال درسراسرآبادیهای زمین یکی است وخورشید دراین هنگام از فراز مکّه می‌گذرد ، و چنان نتیجه می‌گیرد که : هرکس هنگام نیمروز رو به خورشید بایستد درست رو به قبله ایستاده‌است !

واین قیاس‌کننده ازآن جهت بر راه نادرست رفته است که قیاس خودرا بر دو مقدّمه بنا کرده‌است‌که نخستین آنها نادرست است و دومین آنها جزئی‌است که به آن رنگ کلیّت داده‌است[1]. باچنین‌کسی ، بدان سبب که ازعلم هیئت بیگانه‌است ، از

۱ـ مقصودآن‌است‌که‌این‌واقعیت‌جزئی‌را‌که خورشیدتنها دو روز ازسال (حوالی ۸ خرداد و ۲۲ تیر) برسمت‌الرأس مکه می‌گذرد صورت‌کلی داده وگفته است‌که خورشید همه روز ازفرازمکه می‌گذرد .

اصل مناقشه نباید کرد ، ولی ما خرد اورا برای کوفتن او به مدد می‌گیریم و بنا برقیاس وی دربارهٔ خود مکّه ازاو می‌پرسیم : چرا در این شهر قبله بر روی خطّ زوال [خطّ نصف النّهار] نیست وچرا در جاهایی‌که به اندازهٔ یک میل درخاور وباختر آن است چنین‌نیست ؟ چرا درآن برخطّ زوال‌که درهمهٔ آنها یکی‌است نماز نمی‌گزارند؟ درنظر ۱۸
او خطّ زوال درهمهٔ اینها یکی‌است ، ولی درنظر اصحاب هیئت درحسّ چنین‌است .

و درمیان ایشان هیچ‌کس دراین باره به‌حقیقت نزدیکتر ازکسی نیست‌که قبله‌را از راه قطبِ [آسمان] معروف به نام جُدَی پیدا می‌کند‌که چون این نقطه ثابت‌است ، سَمتُ المَسیر [جهت راهسپاری] با تقریب به دست می‌آید . و سمت المسیر جهتی‌است که اگرکسی برآن درمقدار مسافتی‌که چندان زیاد نباشد پیش برود ، رو به‌کعبه یا در جهت آن رفته‌است . وگفتهٔ خدای‌تعالی اشاره به همین‌است‌که : «فَوَلّوا وُجوهَکُمْ شَطْرَهُ»[1] ، چه به نقطهٔ حقیقی روکردن جز درخیال امکان پذیر نیست . وامّا درعمل همان‌است‌که باتقریب همراه است و به‌همین جهت «شَطْرْ» برای کسی که کوشای‌یافتن آن‌است آمده است .

واگر مارا ، دریافتن مسافتهای میان‌شهرها وفراهم‌آوردن شکل‌قسمت‌آباد زمین به صورتی‌که از روی آن بتوان جهت شهرها را نسبت به یکدیگر باز شناخت ، نیازی جزآن‌نبودکه قبله‌را درست‌کنیم ، برما بایسته بودکه به‌این‌کار برخیزیم وکوشش‌کنیم. چه اکنون اسلام بیشتر زمین را فراگرفته و به دورترین نقاط خاور و باختر رسیده‌است وهمهٔ مردم این‌سرزمینها به‌آن‌نیاز دارندکه نمازرا برپا دارند ودیگران‌را به‌قبله‌بخوانند .

وگمان‌ندارم‌که‌کوششی‌که برای‌درست‌کردن این‌کار یا نشان‌دادن راه درست کردن قبله می‌کنیم ، درآن دنیا بیمزد بماند ودراین دنیا ستوده نباشد . پیش‌از این برآن بودم‌که راهی‌را که بَطْلَمْیوس درکتاب جاوغرافیا (جغرافیا) وجَیْهانی و دیگران ۱۹
درکتابهای **مسالک** آورده‌اند ، یکجا بیاورم تا پراکنده‌ها فراهم ودشواریها آسان شود

۱ـ شطر به‌معنی «رو به» و «سوی» است .

واین فن به کمال برسد . نخست به تصحیح مسافتها ونامهای جاها و شهرها پرداختم ؛ و این کار را با پرسیدن از کسانی که به آن‌ها رفته بودند ، و محک زدن و درست کردن گفته‌های آنان بایکدیگر ، به انجام رسانیدم . و برای دست یافتن به‌آنچه می‌خواستم ، ازبخشیدن مال وجاه دریغ نورزیدم . نیمکره‌ای به قطر ده ذراع ساختم تا بر روی آن طولها وعرضها را از روی مسافات بیرون آورم ، چه به سبب تنگی وقت و زیادی کار فرصت آن نبود که این‌نتایج‌را از روی محاسبه پیداکنم. ولی آنچه که به‌دست‌می‌آوردم ، ازترس از دست‌رفتن سلامتی و پیش‌آمدن پیشامدهای ناگوار ، ثبت می‌کردم و به‌حافظه نمی‌سپردم. وچون‌ناگهان بدبختی برمن فروریخت، برآنچه‌گفتم همان‌گذشت‌که بردیگر کوششهاوپژوهشهای‌من‌گذشت وچنان‌ازمیان رفت که «کَأَنْ لَمْ تَغْنَ بِالْأَمْسِ[1] ← [گویی دیروز مسکون نبوده‌است] » . واگر خدا بازگشت را آسان‌کند — که‌برآن توانا است — درتمام‌کردن آن درنگ نخواهم‌کرد .

۲۰ واکنون می‌گویم : باآنکه به دلایل عقلی وقیاسهای منطقی درست از نو پدیدی جهان (حَدَثُ العالَم) آگاه شده‌ایم ، و دانسته‌ایم که مدّت محدودی که از پیدایش جهان گذشته است آغازی دارد ، از راه آن دلایل وقیاسها وهمانندهای آنها نمی‌توانیم اندازهٔ این مقدار زمان را پیدا کنیم و بگوییم که ازآفرینش جهان تاکنون چه مدّت گذشته است .

قیاسی که می‌سازیم بدین‌گونه است : جسم نمی‌تواند از پیشامدهایی به دور باشد که پیاپی برآن وارد می‌شود ؛ وهرچه از پیشامدها به دور نیست نوپدید (حادِث) است: پس‌جسم نوپدیداست وازلی نیست. بدین‌ترتیب ازقیاس شکل‌اوّل نوپدیدی(حُدوث) جسم نتیجه می‌شود . ولی این پیاپی درآمدن پیشامدها نمی‌تواند بی‌پایان باشد ، چه آنگاه می‌بایستی زمان ازلی باشد و این محال‌است ؛ زیرا هنگامی‌که می‌گوییم : زمانِ گذشته از پاره‌های‌زمان یعنی‌اَدوارِ موجود و شمردنی و قابل افزایش است ، و هرموجود شمردنی

---

۱ - سورهٔ یونس ، آیهٔ ۲۴ .

از یک آغاز می‌کند و به اندازهٔ محدودی از عدد پایان می‌پذیرد ، نتیجه آن می‌شود که زمان آغازی دارد و به آنِ مفروضی پایان می‌یابد : و بدین ترتیب از قیاس شکل اوّل پایانپذیری و نوپدیدی زمان آشکار می‌شود .

واما برای شناختن پاره‌هایی از زمان که ازقوّت به فعل بیرون آمده‌است، یعنی سالها وماهها و روزهای گذشته واندازهٔ آنها، باعقل وقیاس به هیچ وجه راهی نداریم. ۲۱
هرلحظه‌ای که برای آغاز زمان فرض کنیم ، ممکن‌است آغاز زمان به‌اندازهٔ یک‌آن یا به‌اندازهٔ هزاران هزار سال برآن پیشی داشته باشد، ودراین باب تنها بازگشتْ به‌شنیدن از راستگویی‌است ، وکتاب خدا واحادیث درست چیزی دراین باره نگفته‌اند .

امّا اهل کتاب ازجُهودان ونَصرانیان وجز ایشان ازصابئان ومَجوس، همه در اینکه آغاز تاریخ با نخستین آدم بوده است اتّفاق کلمه دارند ، امّا در اندازهٔ زمان با یکدیگر اختلاف فراوان دارند . ولی ازآفرینش جهان سخنی نگفته‌اند، و این به سبب سخنی‌است که درآغاز **تورات** آمده واگر به لفظ نباشد به معنی چنین‌است : « درآغاز خدا ذات آسمان و ذات زمین را آفرید ، و زمین ویرانه بود و باد خدا بر روی آب می‌وزید[1] » پس چنان پنداشتند که این نخستین روز هفتهٔ آفرینش جهان‌است . واین‌روز با شبانه روز ما سنجیده نمی‌شود ، چه این شبانه‌روز با برآمدن وفرو رفتن خورشید پیدا می‌شود ، و خورشید و ماه در روز چهارشنبهٔ آن هفته آفریده شده بود ، پس چگونه ممکن‌است روز آن‌زمان با روز امروز ما شمرده شود ؟! و**قرآن** دراین باره گفته‌است: ۲۲
« يَوْماً عِنْدَ رَبِّكَ كَأَلْفِ سَنَةٍ مِمّا تَعُدّونَ[2] ← [روزی درنزد پروردگارت همانند هزار سال از سالهایی که شما به شمار می‌آورید] » ، و درجای دیگر : « فی يَوْمٍ كانَ مِقْدارُهُ خَمْسينَ أَلْفِ سَنَةٍ[3] ← [در روزی که اندازهٔ آن پنجاه هزار سال

---

۱ ـ عبارت آغاز **سفر پیدایش** فارسی چنین‌است : « در ابتداء خدا آسمانها و زمین را آفرید و زمین تهی و بائر بود و تاریکی بر روی لجه و روح خدا سطح آبها را فروگرفت » .

۲ ـ سورهٔ حج ، آیهٔ ۴۷ . ۳ ـ سورهٔ معارج ، آیهٔ ۴ .

بود] ». پس دانسته‌شد که این‌مدّت باآنچه ما اکنون زمان‌را باآن اندازه می‌گیریم قابل اندازه‌گرفتن نیست ، و راهی به یافتن اندازهٔ آن ازآغاز آفرینش نداریم .

و باآنکه در **تورات** آمده‌است که انسان در روز جمعه آفریده شد که مخصوص آفریدن آدمیزادگان بود ، خدا در قرآن از گفتهٔ فرشتگان چنین آورده است : « أَتَجْعَلُ فيها مَنْ يُفْسِدُ فيها وَيَسْفِكُ الدِّماءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ؟![1] ← [آیا درآن کسی‌را می‌آفرینی که درآن تباهی کند وخونها بریزد، وحال آنکه ما سپاس وستایش تو می‌گوییم وترا تقدیس می‌کنیم ؟!»

و از احوال زمین چیزی جز آثاری که دیده می‌شود و برای پیدا شدن نیازمند به‌گذشت‌زمانهای‌دراز وازدوسومحدوداست نمی‌دانیم ، همچون کوههای‌افراختهٔ فراهم‌آمدهٔ از پاره سنگهای صاف رنگارنگ که گل وریگ سنگ‌شده آنهارا به‌یکدیگر پیوسته است . و هرکس که از راه خود دراین باره بیندیشد و از دری که باید به‌آن درآید ، خواهد دانست که پاره‌سنگ و ریگ همان سنگ کوههااست که باشکافتن وبه‌یکدیگر برخوردن شکسته‌است ، وسپس گذشتن آب و وزیدن بادها و پیوسته سوده و مالیده شدن آنها به یکدیگر سبب شده‌است که گوشه‌ها وکنارهای آنها ازمیان برود و ریگها
۲۳ گرد شود ، وخرده‌های همین سنگهای شکسته‌است که به‌صورت ماسه وسپس خاك از آنها باز شناخته می‌شود .

وچون پاره سنگها و ریگها درگذرگاههای سیل انباشته و فشرده شود ، وماسه وخاك شکافهای میان آنهارا پر کند ، در میان آنها مدفون می‌شود و سیلها برفراز آنها می‌گذرد ، و پس‌ازآنکه در بالا و برروی زمین بود در ژرفنای زمین جایگزین می‌شود ، و به سبب سرما به صورت سنگ درمی‌آید ، چه سرد شدن بیشتر کوهها در ژرفناها به‌سبب سرما است . و به‌همین‌جهت‌است که‌سنگها باچیره‌شدن گرما برآنها می‌گدازند، چه هرچیز که به سرما بسته شود به‌گرما گشوده می‌شود ، وهرچیز که به‌گرما بسته شود

---

۱ - سورهٔ بقره ، آیهٔ ۳۰

به سرما گشوده می‌شود . وهرجا که کوههایی ساخته شدهٔ ازاین‌گونه سنگهای صاف ــ که در سرزمین ما ازآنها فراوان است ــ ببینیم، خواهیم دانست که پیداشدن آنها برآن گونه‌است که گفتیم واینکه سنگها زمانی فرورفته و زمانی دیگر برآمده‌اند .

وهمهٔ این حالات ناگزیر نیازمند گذشت زمانهای درازی بوده است که اندازهٔ آن برما شناخته نیست ، و با دگرگونگیهایی همراه بوده‌است که ازچگونگی آن آگاهی نداریم ، و به همین جهت‌است که آبادانی‌سرزمینها به تناوب صورت‌گرفته است . چه هنگامی که پاره‌هایی از زمین ازجایی به جای‌دیگر منتقل می‌شود، سنگینی‌آن‌نیز جا به‌جا می‌شود و میان سنگینی سوهای مختلف زمین تفاوت پدید می‌آید ؛ و چون زمین هنگامی استقرار پیدا می‌کند که مرکزثقل آن مرکز عالم باشد ، برزمین لازم می‌شود که این اختلاف را ازمیان بردارد، ودرنتیجه مرکز ثقل‌آن، بنابراختلاف نهاد پاره‌های جابه‌جا
شدهٔ آن مختلف خواهد بود . به همین جهت‌است که دوری سرزمینها از مرکز زمین با ۲۴
گذشت زمان بریکٔ اندازه نمی‌ماند ، وچون برآمدگی زمین درجایی‌زیاد شود واطراف خودرا پرکند ، آبها کم می‌شود و چشمه‌ها گود می‌افتد و دره‌ها ژرف می‌شود و آبادانی دشواری پیدا می‌کند ، پس مردمان ازآنجا به جای دیگرکوچ می‌کنند، واین ویرانی‌را به پیری زمین نسبت می‌دهند وآباد شدن ویرانی‌را به بالیدن وجوانی منسوب می‌کنند؛ و چنین‌است که گرمسیرها سرد سیر می‌شود و سرد سیرها گرمسیر .

و ابوالعبّاس ایرانْشَهری نوشته است که درقلعهٔ بَیْضا ، یکٔ‌فرسنگی سیرجان از شهرهای کرمان ، ریشه‌های نخلی دیده‌است که پیشتر درآنجا بوده و پس‌از سرد سیر شدن این زمین خشکیده و از میان رفته است ، درصورتی‌که درآن زمان تا بیست فرسنگی پیرامون‌آن هیچ خرمابُنی دیده نمی‌شده‌است . و براین‌گفتهٔ خود افزوده‌است که هنگامی که زمین برآمدگی پیدا کرده‌بوده، کاریزها ونهرهای روان پیرامون آن فرو افتاده بوده است .

و چنین‌است که باگذشت زمان دریا به خشکی وخشکی به دریا تبدیل می‌شود، و

اگر این کار پیش‌از بودن مردمان درجهان بوده باشد دانسته نیست ، و اگر پس‌از آن بوده باشد، گزارشی از آن برجای نمانده‌است. چه اگر برخبرها زمان درازی‌بگذرد، دنبالهٔ آن بریده می‌شود، بویژه آنکه در پیشامدهایی باشد که خرده خرده درپی‌یکدیگر آید وجز خواصّ‌ِ کسی متوجّه آنها نمی‌شود .

۲۰ این‌بیابان عربستان که‌می‌بینیم، نخست‌دریا بوده وسپس پر شده‌است، ونشانه‌های آن هنگام‌کندن چاهها و حوضها آشکار می‌شود ، چه درآن چینه‌هایی ازخاك و ریگ و قلوه سنگ دیده می‌شود ، ونیز پاره‌های سفال وشیشه واستخوان به دست می‌آید که ممکن نیست کسی آنهارا به‌عمد در زیر خاك پنهان کرده باشد ؛ همچنین سنگهایی‌بیرون می‌آید که چون‌آنهارا بشکنند صدفها و حلزونها و چیزهایی‌که گوش ماهی نامیده‌می‌شود به نظر می‌رسد که یا برحال خود باقی‌است یاآنکه پوسیده و ازمیان رفته وجای خالی‌آنها به شکل اصلی دیده می‌شود ؛ و ازاین گونه چیزها در بابُ الا َبواب[1] برکرانهٔ دریای خزر نیز هست . والبتّه برای این تبدیل دریا به خشکی وقت معیّن وتاریخی به یادکسی نیست ،چه اعراب از زمان نیای نخستین خود یَقْطان درآن جایگزین بوده‌اند. وتواند بودکه درآن هنگام‌که بادیَةُ العَرَب دریا بوده‌است، جایگاه اعراب برکوههای‌یمن بوده باشد .آنان عرب‌کهن یاعرب عارِبَه بوده‌اندکه‌آبادانی‌زمین‌ایشان با شاذُرْوانی[2] بوده‌است‌که میان دوکوه بسته بودند وآب درپشت آن تا قلّه‌های دوکوه بالا می‌آمد و باغستانهایی را از چپ وراست آن سیراب می‌کرد ، تا آنگاه که سیل عَرِم (سخت) آن شاذروان را ویران ساخت و آب فروافتاد و جای آن باغستانها را گیاهستانهای دیگری گرفت : « ذَواتَیْ أُکُلٍ خَمْطٍ وَأَثْلٍ وَشَیْءٍ مِنْ سِدْرٍ قَلیلٍ[3] ← [با [میوه‌های] تلخ مزه وگیاه گَز و اندکی ازکُنار] » .

---

۱ ـ باب الابواب همان شهر دربند واقع برکرانهٔ غربی بحر خزر درجمهوری‌داغستان از جمهوریهای اتحاد جماهیر شوروی است.

۲ـ شاذروان کلمهٔ فارسی و به‌معنی سد است.

۳ ـ سورهٔ سبأ ، آیهٔ ۱۶ .

و چنین سنگی را که درمیان آن گوش ماهی‌است در بیابان شنی میان جرجان‌و
خوارزم نیز می‌بینیم . این بیابان درگذشته همچون دریاچه‌ای بوده است ، چه گذرگاه ۲٦
جیحون‌یعنی‌نهر بلخ برآن بوده وازکنار شهری به نام بَلْخان می‌گذشته، وبَطْلَمْیوس
درکتاب **جاوغرافیا** محلّ ریختن آن را در دریای اُرقانیا [اورکانیا ، گرگان] نزدیکٔ
همین شهر نوشته است . ومیان ما و بطلمیوس اکنون نزدیکٔ هشتصد سال‌زمان فاصله
است و درآن زمان جیحون از همین جا که اکنون بیابان است ، از محلّی میان زَمّ و
آمویَه ، می‌گذشته و شهرها و روستاهایی را که درآن بوده تا برسد به بَلْخان آباد
می‌داشته ، ومیان جرجان وسرزمین قوم خزر به دریا می‌ریخته است .

سپس درگذرگاه آن بستگی پیدا شد ، وآب آن به سوی سرزمینهای قوم غُزّ
پیچید وکوهی راه برآن گرفت‌که اکنون دهن شیر (فَمُ الْأَسَد) خوانده می‌شود و
مردم‌خوارزم آن‌را بند شیطان (سِکْرُ الشّیطان) می‌نامند .آب دراینجا روی‌هم انباشته
شد و بالا آمد ، چنانکه آثار تلاطم امواج بر بلندیهای این‌کوه هنوز آشکار است ، و
چون فشار وسنگینی‌آن از اندازهٔ ایستادگی سنگهای سست‌کوه گذشت آن‌را شکافت
و نزدیکٔ یکٔ منزل درآن پیش رفت وسپس به جانب راست به سوی فاراب پیچید
و درگذرگاهی افتاد که هم اکنون به زغالی (اَلْفَحْمی) خوانده می‌شود ؛ سپس
مردمان بردو کرانهٔ آن بیش‌از سیصد شهر و روستا ساختند که نشانه‌های آن تاکنون
برجای مانده است .

و برای این بستر پس‌از مدّتی همان پیش‌آمدکه برای بستر اوّل پیش آمده‌بود :
بسته شد وآب به سوی چپ و سرزمین قوم بُجْناكٔ پیچید و درگذرگاهی افتاد به نام
درهٔ مَزْدُبَسْت که در بیابان میان خوارزم و جرجان بود . دراینجا نیز مایهٔ آبادی ۲۷
سرزمینهای فراوان درمدّتی دراز شد که آنها نیز ویران شدند و مردمانشان به‌کرانهٔ
دریای خزرکوچیدند،وقوم آلان وآس ایناں هستندکه زبانشان‌آمیخته‌ای ازخوارزمی
و بُجناکی‌است .

پیشتر اندکی ازآب این رود به‌خوارزم می‌رفت واز میان محلّی که به سنگها بسته شده بود ، واکنون درآغازهای دشت خوارزم است، می‌گذشت و پالوده می‌شد، ولی سپس همهٔ آب به سوی خوارزم روان شد وآن بند سنگی‌را شکافت وهمهٔ آن‌سرزمین را آب گرفت وآن‌را دریاچه‌ای ساخت . وآب رود ، به سبب فراوانی وتندی‌جریان آلوده به گل بود ؛ وچون گسترده می‌شد گلهای آن فرو می‌نشست و نخست درمصبّ آن خشکی پیدا شد وسپس خشکی بیشتر شد ودریاچه دورتر رفت تاهمهٔ خوارزم از زیر آب بیرون آمد . وآن دریاچه‌که پیوسته دورتر می‌شد ، سرانجام به‌کوهی رسید‌که نمی‌توانست آن‌را از پیش راه خود بردارد ، و بدین سبب به سوی شمال و به سرزمینی پیچید‌که اکنون ترکمانان درآن‌جای‌دارند . وفاصلهٔ میان این‌دریاچه ودرهٔ مَزْدُبَسْت که چندان زیاد نیست ، به صورت خلابی درآمده است که اینک آن را به ترکی قیز دَنْگَزی (دریای دختر) می‌نامند .

۲۸ و ابن عَمید درکتابش دربارهٔ بنای شهرها نوشته است که : زمین لرزه‌ای در رویان رخ داد‌که زمان آن چندان دور نیست وچنان شد‌که دو‌کوه به هم پیوست وراه بررودهایی که ازمیان آن دو می‌گذشت بسته‌شد واز روی‌هم انباشته‌شدن‌آبها دریاچه‌ای پدید آمد . وهرجاکه آب گذرگاهی پیدا نکند چنین‌خواهد شد، همان‌گونه‌که دریاچهٔ مردهٔ پرآب (بحرالمیّت) ازآبهای رود اردن فراهم‌آمده است .

و نیز از تاریخهای سُریانیان نقل کرده است که درسال هشتصد و هشتاد و سه اسکندری که سال دوم پادشاهی یوسْطِنیانُس قیصر [روم] بود ، زمینلرزه‌ای در اَنطاکیَه اتّفاق افتاد و زمین شکاف برداشت و کوهی در بالای قَلوذِیَه شکست و پاره‌های‌آن درفرات ریخت وراه‌آب‌را بست؛ آب بالا آمد و بسیار جاهارا فروگرفت و ویران کرد و به پس بازگشت تا راهی برای گذشتن پیداکرد و بار دیگر روان شد .

وبرسرزمین مصر ، چنانکه ارسطوطالیس درکتاب آثارعُلوی (**الآثارالعُلْویّه**) خود گفته‌است ، آب نیل گسترده بود واین سرزمین صورت دریاچه داشت ؛ سپس

آب نیل پس نشست و رفته رفته سرزمینهایی که از آب بیرون ماند خشک شد ومردمان درآنها جایگزین شدند وهمهٔ مصررا شهرها و مردمان پرکردند ، هرچندکه اکنون از آغاز آبادی آن آگاهی ندارند . و سرزمین مصر در روزگار باستانی ، به نام یکی از شهرهای بخش بالای آن که نخستین بار مسکون شده بود ، ثبیا (تِبِس ، طیبَه)
خوانده می‌شد ، واین جز شهر بزرگ دیگرآن است که اکنون مَمْفیاس نامیده می‌شود ۲۹
ونام باستانی آن مَنْف بوده‌است . و اومیروس (هُومِرْ) شاعرکه روزگارش نسبت به‌آغازهای مصرجدید است ، مصررا درشعر خود ثبیا نامیده‌است .

و آنگاه که سرزمین مصر دریا بود ، پادشاهان ایران هنگام چیره شدن برمصر اندیشهٔ آن کردندکه از [دریای] قُلْزُم به‌آن گذرگاهی بکنند وزبانهٔ میان دو دریارا ازمیان بردارند تا چنان شودکه کشتی بتواند ازدریای محیط درباختر به‌آن بیاید وازآنجا به خاور رود ، و این همه برای نیکخواهی ومصلحت عامّه بود . نخستین کس که به‌این کار برخاست ساسُسْطِراطِس پادشاه [مصر] بود و سپس داریوش . مسافت درازی زمین‌را کندندکه هنوزکندهٔ آن برجای است وآب قلزم به هنگام مدّ به آن درمی‌آید وهنگام جزر از آن بیرون می‌رود . ولی چون بلندی آب قلزم را اندازه‌گرفتند ، از بیم اینکه بلندی ترازآن نسبت به‌نیل سبب ویرانی‌رود مصرشود ، ازاین‌کار دست‌کشیدند. سپس این‌کار را بَطْلَمْیوس سوم به دست اَرَشْمیدِس چنان به پایان رسانیدکه‌زیانی ازآن برنخیزد ، ولی پس‌ازآن یکی از پادشاهان‌روم ، برای‌جلوگیری ازدرآمدن‌ایرانیان به مصر ، آن راه آب را پرکرد .

و بیابانِ به نام کرکس کوه که میان فارس و سجستان (سیستان) وخراسان‌است ، آکنده از ویرانه‌های ساختمانهای کهن‌است که بطلمیوس آنهارا قَرْمانیای خراب یعنی
کرمان ویرانه نامیده‌است . و ایرانیان می‌گویند که آنجا آبادترین جاها بوده و نزدیک ۳۰
هزار چشمه که آب آنها از پیرامون سجستان می‌جوشیده سبب آبادانی آن بوده‌است ، و افراسیاب‌ترک آبهارا فرو بردکه‌دیگر به‌آن‌سرزمینها نرسید وآبادیها ویران‌شد وبازماندهٔ

آبها به طرف دریاچهٔ زِرِه روانه شدکه پیش از آن نبود .

و در بیابانهای شام و بیابانهای دیگرِ بی‌آب وگیاه و جانور آثار باستانی دیده می‌شودکه‌ناگزیر بایدگفت پیشتر دراین‌جاها مردمانی می‌زیسته‌اند، و چون زیستن‌مردمان بی‌آب ناشدنی‌است ، این سرزمینها زمانی آب داشته و سپس ازآنها برافتاده است . و همچنین در مردابهای (بَطائِـح) بصره نشانه‌های ساختمان دیده می‌شود ، ودجله بیشتر برجایی جز این مردابها می‌گذشته و سپس راه آن به‌طرف جایگاه این مردابها گشته و آنهارا فروگرفته است .

و ابوالعبّاس ایرانشهری گفته است که : در روستای پُشْت نزدیک نیشابور کاریزی می‌کندند ودر ژرفنای پنجاه‌و چند ذراعی از سطح‌زمین به‌ریشه‌های سه‌درخت سرو رسیدندکه با اره بریده شده بود . وآشکاراست‌که فاصلهٔ میان زمان بریده شدن این سروهاکه درآن وقت جای برش ریشه برسطح زمین بوده ، تا آن‌زمان‌که این‌همه سنگ وخاك برآن قرارگرفته بوده‌است ، چندان زیاد است که درست نمی‌توان گفت چه اندازه بوده‌است . ونباید ازسالم ماندن چوب در زمین شگفتی نمود ، چه هراندازه چوب از جایی دور باشدکه کمترگرما و سرمای گردندهٔ درسال به‌آن برسد، ماندگاری آن بیشتر خواهد شد . ۳۱

ودر جرجان چوبی‌است‌که هرسال از محلّ جوشیدن آبی بیرون می‌آید و ریشهٔ آن برجای است وسرآن گرداگرد دهانهٔ چشمه می‌گردد . و مردم جرجان را در این باره خرافه‌هایی‌است وآن چوب را بزرگ می‌دارند وحال‌آنکه چیزی جزدرخت‌سروی نیست‌که زمانی با شکاف خوردن زمین در پی زمینلرزه فرو رفته و خاك آن‌را پوشانده بوده است ؛ سپس آن شکاف محلّ جوشیدن آبی شده‌که نیروی برآوردن درخت را که شاخه‌های آن پوسیده و فروافتاده بوده نداشته است ؛ هنگام بهارکه آب فراوان می‌شود ، آب می‌تواند آن چوب را بالا آورد و چندان ریشه برای آن مانده است که یکباره از ژرفنای چشمه ، که به‌گفتهٔ کسانی که درآن فرو رفته‌اند به سر تنور می‌ماند،

جدا نمی‌شود وهمگی آن بالا نمی آید . تاآب فراوان‌است چوب گردش خودرا دربالای آن دنبال می کند ، ولی با فروافتادن آب چوب هم فرو می‌افتد . ودرآن سرزمین کسی نیست که ازآغاز پیدایش آن آگاهی داشته باشد .

پس دانسته شد که آبادانی ، بدان جهت که وابستهٔ به آب‌است، باآن جا به جا می‌شود . و ارسطوطالیس در کتاب **آثار علوی** خود ازگفتهٔ گروهی از پیشینیان گفته است که زمین نمناك بود وخورشید و ماه آب آن‌را بخار کردند تا خشکیها پیدا شد و از بخار بادها وگردشهای هوا پدید آمد . آبِ بازمانده دریا است که رفته رفته کاستی پیدا می کند وسرانجام‌خشک‌خواهد شد . واین‌سخن به‌ظاهر خود بادانسته‌های‌طبیعی‌ناسازگار ۴۲
است، ولی چون تفسیر وتأویل شود می‌تواند با امور طبیعی مطابق درآید . چه‌درمبادی علم هیئت ثابت شده‌است که زمین گرد است ودرمیان جهانی کروی جای‌دارد، واینکه سنگینیها به نهاد وطبع خود از هرسو به مرکز حرکت دارند ، و از همین‌جا کروی‌بودن سطح آب اثبات می‌شود ، و چون ذرات آب با یکدیگر پیوستگی سخت ندارند ، تنها به اندازهٔ موجها است که سطح آب ازکرویّت خارج می‌شود .

و نیز ازمشاهده آشکار شده‌است که جای نهاده‌شدن خاك به طبع زیرآب‌است، به این دلیل که خاك در آب تهنشین می‌شود ، و فرو رفتن آب در خاك یا زمین به سبب وجود شکافهایی درخاك است که ازهوا پر شده وآب میل آن داردکه از این هوای موجود میان شکافها فروتر رود. ونیز دانسته‌است که پاره‌های‌خاك، درصورتیکه همبستگی ناگزیری آنها ازمیان برود ، گرد برگرد مرکز قرار می‌گیرد، وچون‌چنین‌شود ، آب از هرسو یکسان آن‌را فرا خواهد گرفت .

و درآغاز آفرینش ، بدان‌گونه که در **تورات** آمده ، وگفته است که بادِ خدا بر روی آب درآن هنگام که زمین ویرانه بوده‌است می‌وزیده، وضع چنین‌بوده‌است . و در **قرآن** نیز گواهی بر این آمده است ، آنجاکه خدای تعالی گفته‌است : « وَكانَ عَرْشُهُ عَلَى ٱلْماءِ[1] ← [و عرش او [خدا] برآب بود] » . پس خدا خواست که

---

۱ ـ سورهٔ هود ، آیهٔ ۹ .

مردمان را بیافریند ، ومشیّت او نخست به زمین و خاك تعلّق گرفت و به‌آن همبستگی
۲۳ ارزانی داشت تا ازشکل طبیعی خود یعنی کرهٔ حقیقی بر کنار بماند . پس پاره‌هایی ازآن
ازآب بیرون افتاد ، وآب از این برجستگیها به جاهای فرورفته پایین رفت و از محلّ
گرد شدن آبها دریا ساخته شد . و ، چنانکه ثابِت بن قُرَّه گفته‌است ، خدا ازآن‌جهت
آب دریا را شورکرد تا گندیدگی پیدا نکند و مایهٔ تباهی مردمانی که مقصود آفرینش
ایشان بودند نشود ، و همهٔ آبها در یک جا به حالی فراهم آید که مردمان به‌آن نیاز
دارند . چه زندگی انسان و جانورانی که درفرمان او نهاده شده‌اند به آب وابسته‌است ، و
چون جای او ازجای آبها دوراست ، خدا خورشید وماه را شب و روز درخدمت او
قرار داده وآنهارا به‌انگیختن و بخارکردن و برآوردن آبها گماشته‌است . برآمده بودن
خشکیهای زمین ازآب ، خاك وهوا را درکنار یکدیگر نهاده‌است ، وآب آمادهٔ آمیختن
و پیوستن‌است ، واگر گرمی نبود چنین چیزی شدنی نبود .

پس چون خدا باآفرینش افلاك آنهارا به‌گردش واداشت ، هوای همسایهٔ آنها
به‌آتش مبدّل شد ؛ و ستارگان را به حرکت واداشت تا گرمی به مرکز برسد ، و این
حرکت را بنا برمیل و نزدیکی و دوری آنها به زمین متفاوت قرار داد تاکار برآهنگ
یگانه و نامتغیّر نباشد ، بلکه این حرکت دارای وقتها و دوره‌های متفاوت باشد ، چه
طبیعت خسته می‌شود وآنچه به طبع صورت می‌گیرد نیازمند آسایش‌است .

۲۴ سپس باد را در فرمان گرفت تا بخار آب را همچون ابر به سرزمینهای مردهٔ
بی‌آب ببرد و با بارانی که برآنها فرو می‌ریزد ، جانور وگیاه را زنده نگاه دارد ، و آب
در دل کوهها فرو رود وهمچون برف برقلّه‌های آنها فرو ریزد وازاین همه رودها فراهم
آید و به دریا بازگردد ، و برسرراه خود به نشیمنگاههای آدمیان و جانوران برسد تا
ازآن سیراب شوند وازگذشتن آن بهره برگیرند . و این همه جز با شوری آب دریا تمام
نمی‌شود چه آنچه تصعید می‌شود مزه‌های آنچه را از آن برخاسته است با خود همراه
می‌برد ، جز مزهٔ شوری . آب تلخ با جانور ناسازگار است ، وآب دارای‌مزهٔ شیرین

زودتر ازآب گوارای بیمزه تباه می‌شود ، وآنچه ترش باشد ناپسندیده وخشک‌کننده است و علاوه براین سخت عمل می‌کند و به هرچه برسد آن را می‌خورد و از حال خود می‌گرداند و بسنده است که به اثر آن درآهن ومانندهای‌آن توجّه کنیم . و منزّه است آنکه توانایی تمام و فرزانگی بی پایان دارد .

بدین‌گونه است که می‌توان سخن [ارسطو] را تفسیر کرد وگفت که دریا پیوسته بخار می‌شود وممکن‌است با جا به‌جا شدن آن به جای دیگر ، خشک شود . وامّا اینکه یکباره برافتد ، ازآن جهت که مایهٔ برافتادن جانوران می‌شود ونشانه‌ای ازنارسایی‌تدبیر استوار خدایی است و به نابودی یکی از عناصر چهارگانه یعنی آب می‌انجامد ، چندان ناشدنی‌است که نباید درآن اندیشید .

و بعضی گفته‌اند که درسوی جنوب کرهٔ زمین ، همانند شمال آن‌خشکی‌وآدمیزاد هست ، و ارسطوطالیس این‌را واجب ندانسته بلکه آن‌را ممکن شمرده . وی گفته‌است ۳۰
که : اگر درسوی قطب دیگرْ زمینی مثل این زمین باشد ، ونسبت آن به قطب دیگر همچون نسبت زمین ما به این قطب باشد ، ناگزیر بادها و دیگر آثار جوّی همانند آن خواهد بود که در نزد ما است . و چه نیکو گفته است ! چه نزدیکی از قطب برابر با دوری از معدّل‌النّهار است ، و دوری و نزدیکی از معدّل‌النّهار است که نخستین سبب چگونگی آب وهوای نشیمنگاهها می‌شود که نتیجهٔ گردش روزانهٔ خورشیداست ، و هرچه محلّی به معدّل‌النّهار نزدیکتر باشد ، خورشید به سمت‌الرّأس آن نزدیکتر ، و هرچه از معدّل‌النّهار دورتر باشد ، خورشید از سمت‌الرّأس آن دورتر می‌شود .

و به همین جهت‌است که [ارسطو] سخن‌را همراه باشرطی بیان‌کرده وگفته‌است: اگر درآنجا [نیمکرهٔ جنوبی] محلّی مثل محلّی در اینجا [نیمکرهٔ شمالی] باشد ، یعنی ازآب بیرون باشد و زمین آن از جهت نرمی وسختی به زمین اینجا ماند ، و سپس از حیث دوری از معدّل النّهار که‌آب وهوای نقاط بسته بدان‌است همانند زمینهای‌این‌سو باشد ، ناگزیر تأثیر گرما وسرما درآنجا همانند اینجا خواهد شد ، وآنچه ازگرما و سرما

پدید می‌شود همچون بادها وحوادث جوّی برابر با این سو خواهد بود .

ودیگر اینکه سخنی از انسان وجانور نگفته است ، چه این یک بسته به‌آن‌است
۳۶ که کسی دیده باشد یا ازمردم راستگویی شنیده باشد . ما در این سوکه نشیمن داریم ، حالات مردمانی را مشاهده می‌کنیم که برروی مدار واحدی که طبیعت و مزاج هوایی یگانه دارد درکنار یکدیگر زندگی می‌کنند و به‌آبادانی می‌پردازند ، پس نمی‌توانیم تهی بودن بعضی از جاها را ازمردم وگردآمدن آنان‌را درجای دیگر ، باوجود فراهم بودن اسباب‌ونبودن موانع و یکی بودن‌آب وهوا ، جز نتیجهٔ اختیار واراده یااتّفاق‌یانرسیدن آدمیزاد به این‌گونه جاها بدانیم . برآمدن ربع جنوبی زمین ازآب ، درآن سوی‌مقابل بااین ربع مسکون شمالی ، درآن صورت ممکن‌است‌که زمین ازشکل‌کروی خارج‌شده و به صورت استوانی درآمده باشد تا چنان‌شودکه کرویّت محسوس کرهٔ زمین‌ازمجموع دوکرهٔ خاك وآب حاصل شود، ومیانگاه سهم [محور] این‌استوانه برمرکز کلّی‌بگذرد و وضع سنگینی متعادل بماند . و ممکن است که قسمتی از زمینِ کروی ازآن زایل‌شده وآب دریای محیط به‌آن راه یافته باشد وآنچه بالای آب تا قلّه‌ها باقی‌مانده‌است خالی [ازآب] شود ؛ بدین ترتیب آب برهمهٔ زمین محیط می‌شود و جزاین پاره‌که‌کوهها از آن فراهم می‌آید چیزی بیرون ازآب نمی‌ماند .

وگروهی چنان گفته‌اند که چون خورشید تریها را بخار می‌کند وآنهارا به خود می‌کشد ، واز دریا لطیفترین وگواراترین قسمت آب آن را برمی‌آورد ، آنچه ازآب شورچگال برجای‌می‌ماند، ازخورشید تأثیر می‌پذیرد ولی‌ازدریا جدا نمی‌شود. وما می‌توانیم تفاوت میان تری تُنُک وتری چگال‌را باچکاندن قطره‌ای ازهریک‌ازآنها برسطحی
۳۷ که خورشید آن‌را گرم‌کرده‌است مشاهده‌کنیم : آب تُنُک به صورت بخار درمی‌آید وجای آن خشک می‌شود و اثری ، جز رنگ آن برفرض رنگین بودن ، برجای نمی‌ماند؛ وامّا آب‌چگال درمیان انباشته‌می‌شود وآنچه ازآن‌که تُنُک‌است به‌صورت بخار درمی‌آید ، و چون خشک شود کناره‌های‌آن شبیه جای بازماندهٔ ازقطرهٔ‌تُنُک

اوّلی است ، ولی میان آن پس‌ازآنکه کاملاً خشکٔ شود برجسته‌است وسر برجستگی آن به سوی خورشید است . وهرکه بخواهد ، می‌تواند با برگ کاغذ و دوقطره مرکّب تُنُکٔ و چگال این‌را بیازماید .

گفته‌اند : دانشمندان هیئت به ما آموخته‌اند که چون خورشید درسوی جنوب دور شود و به بزرگترین دوری خود ازسمت‌الرّأس برسد، نزدیکترین فاصله‌را از زمین دارد . و این‌را می‌دانیم که چون به زمین نزدیکٔ شود ، تأثیر آن بیشتر و بخار شدن آب لطیف توسّط آن افزونتر خواهد شد ، و آنچه آب شور و چگال است به‌آن ناحیه کشیده می‌شود ؛ و به همین جهت قسمت عمدهٔ آب شور درست در زیر خورشید در جنوب قرار می‌گیرد وآن جا دریا می‌شود وشمال خشکی .

وگفته‌اند : [علمای هیئت] به ما خبر داده‌اند که حرکت بُعْدِ اَبْعَدْ [از خورشید] که اوج نام دارد ، برتوالی بروج حرکتی دارد ، و ازاین برما معلوم‌می‌شود که چون بُعْدِ اَقْرَب برفراز ربع [مسکون] شمالی واقع شود، دریا به‌این سو وخشکی به جنوب منتقل خواهد شد . ودرآنچه‌گفته‌اند ازجهات گوناگون تردید و نظراست :

نخست اینکه : اگر علّتی که آورده‌اند درست باشد، می‌گوییم که بعد اقرب از فلکٔ خارِجُ المرکز یا فلکٔ تَدْویر در جنوب برفراز ناحیه واحد واقع نمی‌شود، بلکه ۳۸
برفراز مداری‌است که گردْ برگرد تمام کرهٔ زمین‌را فراگرفته است ، ونیز چنین است بعد اَبعد درشمال ، و بنابراین ناگزیر باید تمام مدار وآنچه نزدیکٔ آن‌است دریا باشد و برآمدن آب باخورشیدگردشی همچون پیداشدن و برآمدن‌مدّ با ماه در دریاها داشته باشد . واگرگفته‌شودکه چنین‌است ودر برابر ربع مسکون‌شمال درجنوب‌خشکی‌نیست، لازم می‌آیدکه درشمالِ مدارِ فروسویِ اوج وآنچه نزدیکٔ آن‌است همگی‌خشکی‌آبادان یا غیرآبادان باشد ، درصورتی‌که آنچه هست جز این‌است .

و دوم آنکه : علمای هیئت از فلکٔ خارج‌المرکز یا فلکٔ تدویر خورشید ازآن جهت سخن نگفته‌اند که ، همانندِ گردی یا مقدار جرم خورشید ، آن را احساس‌کرده

باشند، بلکه ازاین جهت اینهارا قبول کرده‌اند که اختلاف حرکت خورشید را که در رصد معلوم می‌شود ودر ذات خورشید ممکن نیست چنین اختلافی باشد توجیه کنند، و اگر اختلاف حرکت نبود درفاصلهٔ خورشید دوری ونزدیکی پیش نمی‌آمد. و ابوجعفر خازِن را مقاله‌ای است دراینکه ممکن است چنان فرض شود که این اختلاف درحرکت خورشید نسبت به گردش آن برگرد مرکز عالم است، و نقطه‌ای که گردش خورشید برگرد آن به یکسانی است غیراز این مرکز عالم است. و به همین گونه ممکن است که حرکت مرکز فلک تدویر ماه برمحیط [فلک] حامل یکنواخت نباشد، و برگرد مرکز کلّ یکنواخت باشد؛ و همچنین ممکن است حرکت مراکز افلاک برمحیط‌های
۲۹ افلاک حامل خارج المرکز مختلف باشد ونسبت به مراکز فلکهای معدّل المَسیر یکنواخت. و اگر چنین چیزی ممکن باشد، برکسانی که چنین سخنانی گفته‌اند سخت می‌توان خرده گرفت، مگرآنکه بتوانند مسئلهٔ بعد اَبعد و اَقرب را به چیزی جز اختلاف درحرکت نسبت دهند.

وسوم آنکه: خورشید به سبب نزدیکیش درجنوب ودرست برفراز این ناحیه واقع بودن، اگرآب را به آنجا بکشد سبب آن می‌شود که سنگینی آن ناحیه افزایش یابد وناگزیر دوری زمین ازمراکز یکسان نمی‌ماند ودرسوی شمالی بیشتر وآشکارتر می‌شود که ابن عمید هم به آن اشاره کرده است. پس لازم می‌شود که چون خورشید به جانب شمال میل می‌کند وناحیهٔ جنوب سرد می‌شود، زمین یا پاره‌ای از آن به حال نخست خود باز گردد وحرکت زمین و آبی که برآن است گاه به سوی بالا باشد وگاه به سوی پایین.

و چهارم آنکه: حرکت اوج چیزی است که با رصدکردن گروهی از علمای هیئت پذیرفته شده وگروهی دیگر با رصد خود منکر آن شده‌اند. ومن این سخن بدان نمی‌گویم که منکر آن باشم، بلکه چگونگی حال را می‌آورم. و پیش ازاین ازنوپدیدی جهان واینکه ممکن است زمانی که برآن گذشته کوتاه باشد یادراز سخن گفتم، پس امکان آن هست که این زمان برای یک دوره از دوره‌های اوج یا پاره‌ای ازآن بسنده نبوده باشد، همان گونه

که ممکن است برای دوره های فراوان بسنده بوده باشد ؛ و در آینده نیز چنین است ، و وارد شدن در این امر از راه استدلال ممکن نیست مگر اینکه اخباری از پیغمبر در این باره رسیده باشد .

و ارسطو چه نیکو کرده است که با مشروط سخن گفتن خود را از همهٔ این ایرادها ٤٠
به دور نگاه داشته است .

واگر بخواهیم بنا برموازین طبیعی در این باره سخن بگوییم ، باید در اندیشهٔ خود کوهها و دریاها را از روی زمین براندازیم ، تا آنکه متأثّر شدن ناحیه‌های گوناگون با دور و نزدیک شدن خورشید نسبت به سمت‌الرّأسهای آنها صورت طبیعی و منتظم پیدا کند . وسپس باید چنین استدلال کنیم که نبودن آبادانی در جنوب از آن است که خورشید ، هنگام بودن آن در حَضیض ، برفراز این ناحیه قرار می‌گیرد و شدّت تأثّر پذیری این ناحیه به سبب دو نزدیکی خورشید است که یکی نزدیکی به سمت الرّأس است و دیگری نزدیکی به مرکز زمین . وحضیض در این نواحی نزدیک انقلاب شَتْوی است، و بنابر آن سوزنده‌ترین نواحی جنوب آنها است که فروسوی مدار این انقلاب قرار گرفته است در آن هنگام که خورشید به آن درآمده باشد . ومی‌دانیم که در این هنگام دوری خورشید از سمت‌الرّأسهای مردم میانهٔ اقلیم اوّل چهل درجه است و این مردم از آن آزاری نمی‌بینند ؛ پس هرجا که از مدار انقلاب شتوی به سوی جنوب به‌اندازهٔ چهل درجه فاصله داشته باشد وعرضش به شصت و چهار درجه برسد ، در این وقت آب و هوایی همانند آب وهوای میانهٔ اقلیم اوّل دارد وممکن است در آن جانور بوده باشد .

سپس به حالت زمانی که خورشید در اوج است نظر می‌کنیم که اکنون در نزدیکی
مدار انقلاب صَیْفی است . و هنگامی که خورشید براین مدار گردش کند ، دوری آن ٤١
از سمت‌الرّأس نقاطی که هم اکنون محلّ آنها را درجنوب معیّن کردیم ، هشتاد و چهار درجه [1] خواهد شد ، و درشمال، محلّ مسکونی که این‌اندازه از مدار انقلاب صیفی دور

---

۱ - ٦٤ درجه بعلاوهٔ ٢٤ درجه (عرض تقریبی مدار رأس السرطان بر روی زمین) می‌شود ٨٨ درجه نه ٨٤ درجه .

باشد نیست تا آب وهوای آن‌را وسیلهٔ سنجش باآب وهوای ناحیهٔ جنوبی قراردهیم، چه بُعد نقطه‌ای [از زمین] که قطب شمال بر سمت‌الرّأس آن‌است ازاین مدار شصت و شش جزء و ربع جزء و سدس جزء است. به همین جهت آب وهوای آن ناحیه‌را از راهی دیگر مورد سنجش قرار می‌دهیم، وآن ازاین‌راه‌است‌که [می‌گوییم]: نقطه‌ای‌که بیشترین دوری خورشید از سمت‌الرّأس آن هشتاد و چهار درجه باشد، عرضی برابر با شصت درجه دارد، و جاهایی‌که چنین عرضی یا بسیار کمتر ازآن دارند ناآبادان‌است وساکنی ندارد، و این به سبب سرمایی‌است‌که علّت عمدهٔ آن دور بودن خورشید از [سمت‌الرّأس] این نقاط‌است حتّی درآن زمان‌که خورشید نزدیکترین‌فاصله‌را به‌زمین دارد. پس چگونه ممکن‌است‌که چون با دور بودن خورشید ازسمت‌الرّأس، دور بودن آن از زمین هم جمع آمده و سرما بیشتر شده باشد [امکان زیستن درآن نقاط جنوبی فراهم آید؟].

بنابراین، محلّی‌که عرض آن درجنوب شصت وچهار درجه‌است، هنگامی‌که خورشید درحضیض باشد گرمایی همانند گرمای میانهٔ اقلیم اوّل، وهنگامی‌که‌خورشید ۴۲ در اوج باشد سرمایی همانند سرمای عرض شصت درجهٔ شمالی خواهد داشت؛ وتحمّل این مقدار گرما برای جانور امکان پذیراست، ولی سرمای آن کشنده است. وآنچه در پس این محل به سوی قطب جنوب باشد، هرچند گرمای معتدل دارد، سرمایش بیشتر خواهد بود؛ وآنچه ازاین محلّ به مدار انقلاب نزدیکتر باشد، گرمایش افزونتر و سرمایش کمتراست و امکان زندگی جانور بیشتراست، چه اگر خطّ استوا مسکون باشد، درمکانی‌که عرض آن درجنوب چهل وهشت درجه باشد، گرمای خطّ استوا و سرمای عرض چهل و هشت درجهٔ شمالی در پی یکدیگر می‌آید؛ و قانون طبیعت نیز مانع زنده ماندن جانور درچنین جا است، چه کمتر جانوری می‌تواند این‌گزافی درسرما وگرما را که در پی یکدیگر می‌آید تحمّل‌کند — وبدان می‌ماند‌که بهار در پی‌خزان آید که به‌همین سبب مایهٔ بیماری وتباهی می‌شود — هرچند ازسببهای دیگر نیز تهی نیست.

و اینکه آبادانی در شمال پیدا شده به سبب اعتدال و تکافُؤ گرما و سرما با یکدیگراست ، چه هرگاه که خورشید به سمت‌الرّأس نزدیک شود مایهٔ افزون شدن گرما است ، ولی دوری آن از مرکز کاهش گرما را سبب می‌شود و این دو یکدیگر را
۴۳ خنثی می‌کند وگرما وسرما از دوسوی افراط وتفریط دور می‌شود و درمیانگین پسندیده یا نزدیک آن قرار می‌گیرد .

ولی در جنوب افراط گرما از دو سببِ نزدیک بودن خورشید به زمین و به سمت‌الرّأس نزدیک بودن آن حاصل می‌شود و از اعتدال بیرون می‌رود . و همهٔ اینها به تدبیر خدای حکیم‌است نه بنا بر اتّفاق و بی سببی ، چه خدا آب‌را درجایی قرار داده است که به سبب اختلاف گرما آبادانی درآن ممکن نبوده‌است ، و زمین‌را درجایی از آب برآورده‌است که آبادانی درآن امکانپذیر باشد .

و ابن عمید گفته‌است: اگر درجنوب خشکی وجود می‌داشت و ازآنجا بادهایی می‌وزید ، این بادها سوزنده وکشنده می‌شد ، و چون درآنجا تری است ، این تری تباهکاری باد را ازمیان می‌برد . ودلیل براین‌است بادهایی که از بیابانها وبادیه‌ها می‌وزد که سوزنده وکشنده است ؛ و به همین جهت مصر گرمسیراست وشیراز سردسیر ، چه بیابانهای سودان درجنوب مصراست ودریای فارس درجنوب شیراز .

پیش‌از این از حال زمین و جا به جا شدن پاره‌هایی برسطح آن ، و در نتیجهٔ آن جا به جا شدن پاره‌های میانین به‌سبب آن، ولزوم حرکت کلّی زمین براین جهت سخن گفتیم که بر اثر تغییر پیدا کردن فاصله‌ها از مرکز کلّی ، طبیعت وآب و هوای نواحی تغییر می‌پذیرد . اکنون می‌گوییم : این حرکت ــ هرچند اتّفاقی و بی قاعده و در زمانِ اندکْ ، اندك باشد ــ ممکن‌است برامتداد قطرهای کلّی به‌تدریج صورت پذیرد ،
۴۴ یا برمرکز اتّفاق افتد ، یا ترکیبی از هردو حرکت باشد ، وسوی آن به‌طرف هریک از جهات چهارگانه یا میانهٔ آنها باشد؛ونیز ممکن است این حرکت ناگهانی با پیدایش سبب آن که انتقال یکبارهٔ سنگینیها از جایی به جای دیگراست صورت پذیرد . و این

حرکت ممکن است در مبادی علم هیئت ، همچون میل خورشید ، خلل وارد کند ، هرچند مقدار آن برآسمان به اندازه بماند . و برای پی بردن به این خلل باید دو ارتفاع خورشیدرا در دو انقلاب اندازه بگیرند، چه اگر درنتیجهٔ این حرکت کاهش یا افزایشی درارتفاع پیدا شود وآن حرکت درمیان دو انقلاب رصد شده اتّفاق افتد، میل کلّی را افزایش می‌دهد یا ازآن می‌کاهد . ولی رصدهای مکرّر نشان داده‌است که چنین خللی پیش نمی‌آید .

واممّا عرضهای شهرها ممکن است با این حرکت تغییر محسوس پیدا کند ، بلکه ممکن‌است درنتیجهٔ آن اختلاف جهت حاصل شود یا حرکت به حدّی برسدکه مایهٔ ویرانی باشد . و به همین جهت لازم است که پیوسته عرض را درنظر داشته باشند و اندازهٔ آن‌را بیازمایند . و بسا باشد که این تغییر دراختلاف تأثیرکند ، هرچند مقدار آن اندك است .

واممّا تأثیر این حرکت درطول [جغرافیائی] ، درصورتیکه حرکت به سوی مشرق یا مغرب باشد ، ناچیزاست ، ولی اگر به سوی شمال یا جنوب باشد زیان آن بیشتر می‌شود ، چه قوسهای مشابه چون با یکدیگر مبادله شود اختلاف آنها آشکار می‌گردد وتفاوت اندازهٔ آنها هویدا می‌شود .

و باید دانست که آنچه اکنون مقصود من‌است، هرچند از راه‌آن به‌عمد بیرون رفتم ، این‌است که : به طور کلّی راههائی را آشکارکنم که ازآنها جاهای روی زمین ٤٥
ازجهت طول میان خاور وباختر وازجهت عرض میان شمال وجنوب به درستی دانسته می‌شود و فاصلهٔ میان آنها به دست می‌آید . وآشکار شود که هرنقطه یا شهر درکدام جهت ازنقطه یا شهر دیگر واقع است؛ واممّا آنچه مخصوصاً مورد نظراست اینکه همهٔ اینها را برای شهر غَزْنَه که پایتخت کشور مشرق است اندازه بگیرم ، چه این شهر ، به‌گمان آن‌کس که تقدیر را از بشرمی‌داند ، به تقدیر بشری وطن من است ، و همهٔ تقدیر درحقیقت مخصوص خدای یگانه است . و درآن ، اگر بتوانم ، پیوسته به‌آنچه

ازخاطر دور نمی‌شود از رصد کردن و کوشش علمی می‌پردازم ، وقبلهٔ آن‌را درست می‌کنم که این کار تنها برای خودم نیست بلکه همهٔ مردمان آن دراین باره با من انبازند وهرکس که ازاین شهر بگذرد نیز درآن شریک خواهد بود .

و ازخدا می‌خواهم که مرا برراه راست بدارد ، و به دریافت حق کومک کند ، و راههای آن را آسان و روشن سازد ، و باز دارنده‌های از رسیدن به خواسته‌های پسندیده‌را با فراخی منّت و بخشش خود ازمیان بردارد ، که او برهرچه بخواهد توانا و بهترین یار و نیکوترین یاوراست .

گفتار در بیرون آوردن عرض بلد به صورت مستقل

این کاررا دوراه است: یکی به میانجیگری ستارگان ثابت، ودیگری به‌میانجیگری خورشید .

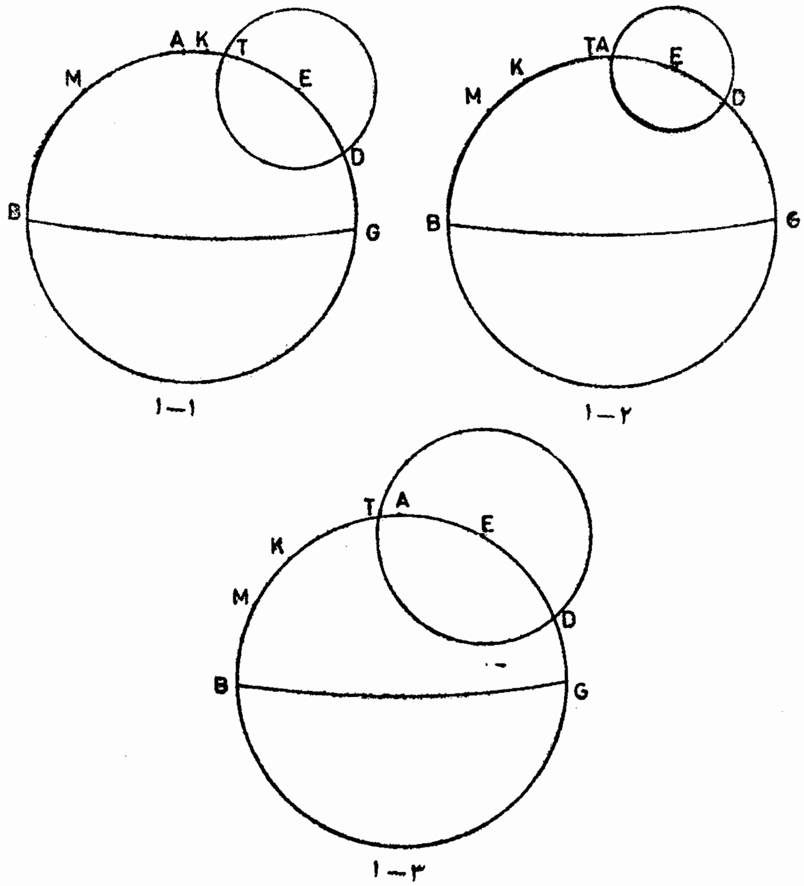
وآنچه با ستارگان انجام می‌شود ، برسه‌گونه است : به‌ستاره‌ای که همهٔ مدارش ٤٦
بالای افق است ، یا ستاره‌ای که مدار آن با افق مماسّ است ، یا ستاره‌ای که مدارش افق را می‌بُرد . و نیز هریک‌ازاین‌گونه‌ها خود برسه‌گونه است بنابرآنکه سمت الرّأس درون مدار باشد یا بر پیرامون آن یا بیرون آن .

و در بیرون آوردن عرض به میانجیگری خورشید دوگونهٔ مماس بودن مدار خورشید با افق وهمهٔ مدارآن بالای افق بودن به‌کار نیاید ، چه این‌گونه جاهای زمین آبادان نیست ، واگرهم به‌بیرون‌آوردن عرض نیاز افتد ، می‌توان آن را ازراه ستارگان ثابت اندازه‌گرفت . در اندازه‌گیری عرض با خورشید نیز ممکن است سمت الرّأس مکان درون مدار [خورشید] باشد یا بر پیرامون آن یا بیرون آن .

اکنون از ستارگانی سخن می‌گویم که مدار آنها همیشه بالای افق است و پیوسته پیدا (= اَبَدِیَّةُ الظُّهور) نام دارند .

فرض‌کنیم ABG دایرهٔ نصف‌النّهار و BG نیمهٔ افق و A قطب افق باشد که همان سمت الرّأس است [شکل ١—١] . اگر M محلّ تقاطع معدّل النّهار با دایرهٔ نصف النّهار و E قطب آن باشد ، چون قوسهای ME و AG هردو برابر با ربع دایره است ، با حذف‌کردن EA که در هردو مشترك است ، دوقوس AM و GE که باقی می‌ماند برابر با یکدیگر می‌شود ؛ ولی AM عرض مکانی است‌که افق آن BG است و

سمت‌الرّأس آن A ، و EG ارتفاع قطب در همین مکان است، درنتیجه ارتفاع محسوس
۴۷ قطب مساوی عرض مکان خواهد بود .



[شکل ۱]

E که قطب معدّل النّهار است ، قطب مدارهای همهٔ ستارگان نیز هست، چه همهٔ این مدارها موازی با معدّل‌النّهار است . اگر DT مدار کوکبی باشد ، ارتفاع ستاره‌ای که براین مدار گردش می‌کند متغیّراست وچون درنیمهٔ شرقی مدار به‌نقطهٔ T برسد ، ارتفاع آن بیشترین مقدار را دارد ، و بزرگترین ارتفاع آن درشکلهای ۱—۱ و ۲—۱ قوس TG ، ودرشکل ۳—۱ قوس TB متوجّه به جنوب است . سپس ارتفاع

ستاره در جهت مغرب رو به کاهش می‌گذارد تا آنگاه که به نقطهٔ D برسد که کمترین ارتفاع DG را ازسوی شمال دارد. وبسا باشد که کوچکترین ارتفاع را انحطاط خوانند و بزرگترین را ارتفاع. و آشکار است که ED برابر با نصف تفاضل میان دوارتفاع در شکلهای ۱ـ۱ و ۲ـ۱، و نصف مجموع متمّمهای دوارتفاع یعنی DA و TA در شکل ۳ـ۱ است. و چون بر GD که کوچکترین ارتفاع است ED را بیفزایم، GE یعنی عرض مکان به دست می‌آید.

و درگونهٔ سوم [یعنی داخل‌بودن سمت‌الرّأس در مدار، شکل ۳ـ۱]، ممکن نیست که GD با BT برابر شود، چه در این صورت می‌بایستی E بر A منطبق شود؛ و نیزممکن نیست دونقطهٔ T وM بریکدیگر واقع شود، زیرا مداری که از M می‌گذرد تنها معدّل‌النّهار است که چون دایرهٔ عظیمه است افق را قطع می‌کند ونمی‌تواند به‌تمامی بالای آن واقع شود، ودرصورتی که فرض آن بودکه مدار باید بالای افق باشد.

برای محاسبهٔ عرض مکان، دوارتفاع بیشترین وکمترین ستاره‌ای پیوسته پیدا را، درآن هنگام که به میان آسمان (وَسَطُ السَّماء) می‌رسد، رصد می‌کنیم؛ اگراین‌هردو
۴۸ در یک‌سو باشدکه ناگزیر شمال‌است، کمترین‌را از بیشترین می‌کاهیم ونصف باقیمانده‌را برکمترین ارتفاع می‌افزایم که آنچه به دست می‌آید عرض مکان است؛ واگردوارتفاع کمترین و بیشترین یکسو نباشند، متمّمهای آنها را بریکدیگر می‌افزایم و با نصف این افزوده ارتفاع کمترین را جمع می‌کنم که همان عرض‌مکان‌است؛ و اگر یکی از دوارتفاع ۹۰° تمام باشد، عرض بلد ازافزودن نصف متمّم کمترین ارتفاع برخود کمترین‌ارتفاع، یا ازافزودن نصف‌کمترین ارتفاع برهشت یک دور [یعنی ۴۵°] به‌دست می‌آید. واین بدان جهت است که نسبت AD در وضع دوم[1] [شکل ۲ـ۱] به چهار یک دور، همچون نسبت AE به هشت یک دور است. و نسبت تفاضل AD و چهار یک دور به تفاضل AE و هشت یک دور، همچندِ نسبت چهار یک به هشت یک است؛ بنابراین، تفاضل‌اوّل DG [یعنی AD ـ ۹۰°] DE، دوبرابر تفاضل دوم [AE−۴۵°]

۱ـ درنسخه وضع سوم نوشته شده‌که نادرست است.

می‌شود ؛ ولی تفاضل اوّل کمترین ارتفاع است و تفاضل دوم فزونی ارتفاع قطب بر هشت یک دور.[۱]

و نیز چون کمترین ارتفاع را بر بیشترین ارتفاع بیفزاییم و افزوده را نصف کنیم عرض بَلَد به دست می‌آید. و برهان آن چنین است ؛ اگر TK را مساوی GD جدا کنیم ، HTK مساوی مجموع دو ارتفاع می‌شود ؛ ولی ET + TK مساوی ED + DG است ، پس نصف GTK همان عرض بلد است.[۲]

۴۹ و از رصدهای از این طریق که آگاهی آن به من رسیده است ، رصدی است که در بغداد توسّط محمّد و موسی ، پسران شاکِر ، صورت گرفت. آنان بیشترین و کمترین ارتفاع ستارهٔ هجدهم از صورت فلکی بَنَاتُ النَّعش بزرگ را که از نعش و بر دُمگاه است ، در دو هنگام عبور این ستاره از دایرهٔ نصف‌النّهار بغداد اندازه گرفتند و بیشترین ارتفاع را ′۴۶ °۶۰ و کمترین ارتفاع را ′۵ °۶ یافتند. چون ارتفاع کمترین را از ارتفاع بیشترین بکاهیم ، آنچه می‌ماند ′۴۱ °۵۴ می‌شود که نصف آن ″۳۰ ′۲۰ °۲۷ است ، و چون کمترین ارتفاع را بر آن بیفزاییم ، ″۳۰ ′۲۵ °۳۳ به دست می‌آید که عرض [جغرافیایی] شهر بغداد است.

۱- این همه به‌صورت ساده‌تر چنین بیان می‌شود (شکل ۲-۱) :

$$\text{ارتفاع قطب} = ED + DG = AD/۲ + DG$$

$$= (\pi/۲ - DG)/۲ + DG = \pi/۴ + DG/۲$$

و چنین است در بیشتر استدلالهای این کتاب که سطرهای فراوانی برای بیان یک عبارت ریاضی مصرف شده است. مردمان روزگار حاضر این خوشبختی را دارند که با اختراع شدن علامات ریاضی راه فهمیدن و فهماندن بر ایشان بسیار آسان شده است ، و به همین جهت باید در قدرشناسی از پیشینیان که بادشواری فراوان این همه دانش را به یادگار گذاشته‌اند ، هرگز کوتاهی نورزند و به یافته‌های ایشان به چشم کمی ننگرند.

۲- با آنکه در شکل ۳-۱ نیز حرف K آمده ، باید درنظر داشت که این استدلال ، به همین صورت ، تنها در دو شکل ۱-۱ و ۲-۱ درست است.

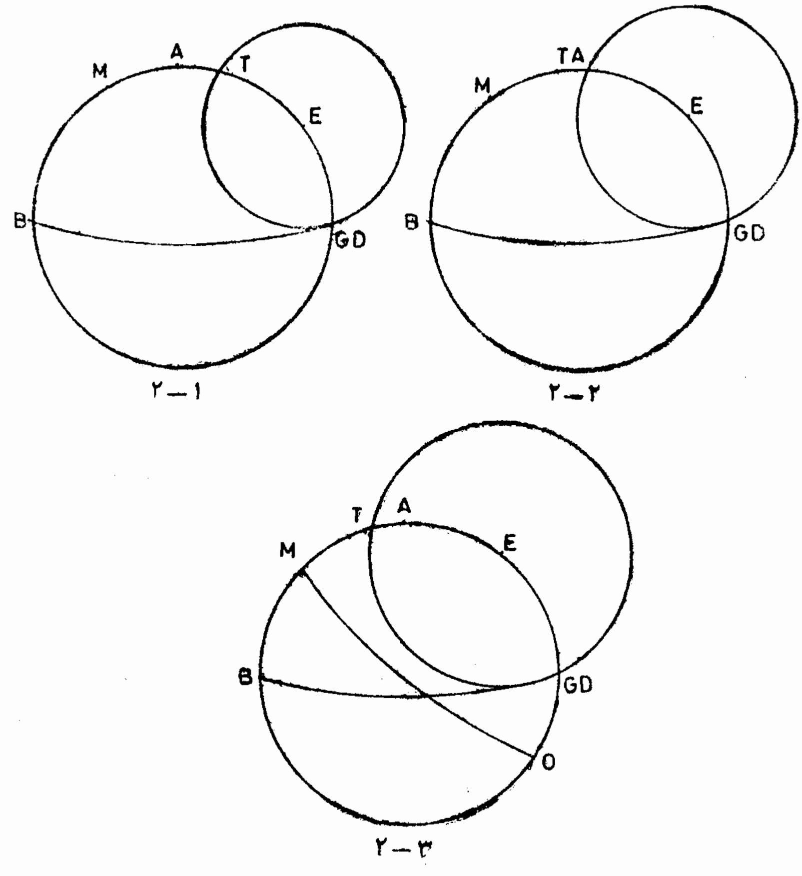
آنان ستارهٔ نوزدهم را نیز که از نعش و در طرف بنات است و بر ران چپ ٥٠
مؤخّرِ [خرس] واقع است ، در بغداد رصد کردند و بیشترین ارتفاع را ′۱۳ °٦۳ و کمترین ارتفاع را ′٤٥ °۳ یافتند . مجموع این دو ارتفاع ′٥۸ °٦٦ می‌شود ، ونصف آن ، ′۲۹ °۳۳ عرض بغداد.

و نیز ستارهٔ بیست‌وششم از صورت خرس بزرگ را که از بَنات است و برمیان دُم و نزدیک سُهی[1] است در بغداد رصد کردند و بیشترین ارتفاع را ′۳ °٦۲ و کمترین ارتفاع را ′٤۸ °٤ یافتند . مجموع این دو ارتفاع ′٥۱ °٦٦ می‌شود و نصف آن یعنی ″۳۰ ′۲٥ °۳۳ عرض بغداد است .

و در نسخه‌ای بیشترین ارتفاع این کوکب را ′۱۳ °٦۲ یافتم ، که بنابرآن عرض بغداد ‴۳۰ ′۳۰ °۳۳ می‌شود. و این‌اندازه تفاوت ممکن است‌دراندازه‌گیری باآلات آشکار نشود ، و نیز محتمل است که از بیدقّتی نویسندگان پیدا شده باشد . ودرنسخهٔ اصلی تاریخ این رصدها ذکر نشده ، ولی‌گمان من این‌است که در حوالی سال دویست‌و چهل‌وهشت هجری یا دویست و سی و دو از تاریخ ایرانیان [یزدگردی] صورت‌گرفته باشد ، و خدا دانا است .

و اگر ستاره‌ای که رصد می‌شود ، چنان باشد که چون از خاور برمی‌آید وبه‌میانهٔ آسمان می‌رسد ، ارتفاعش رو به‌افزایش باشد ، و چون به‌جانب باختر می‌رود ، هنگام عبور از نصف‌النّهار ارتفاع کمترین ندارد بلکه بادایرهٔ افق مماس می‌شود ، درصورتیکه
ارتفاع بیشترین آن به‌جانب شمال باشد ، نصف این ارتفاع همان عرض بلد خواهدبود ، ٥۱
و این امر از روی دوصورت اوّل [شکل۱ــ۲] و دوم [شکل ۱ــ۲] معلوم می‌شود ؛ و اگر بیشترین ارتفاع از طرف جنوب باشد چنانکه درصورت سوم [شکل ۳ ــ ۲] دیده می‌شود ، در این صورت GE برابر با نصف GAT خواهد بود ، و GAT برابر با مجموع ربع دایره و AT است که متمّم ارتفاع است . و چون در همین صورت سوم معدّل‌النّهار را که MO است رسم کنیم ، OG متمّم عرض بلد می‌شود ؛ ولی OG مساوی

با MT است و MB متمّم عرض بلد و بنابرآن TM و MB با یکدیگر برابرند . پس چون ارتفاع TB را نصف کنیم ، MB که متمّم عرض است به‌دست می‌آید ، و AM که متمّمِ متمّمِ عرض است همان عرض خواهد بود .



[شکل ۲]

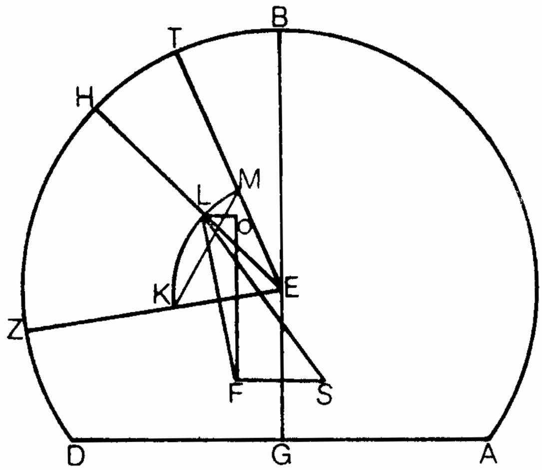
و محاسبهٔ آن چنین است ؛ اگر ارتفاع از جانب جنوب نباشد ، آن‌را نصف می‌کنیم و این نصف همان عرض بلد است . واگر ارتفاع ازجانب جنوب باشد، متمّم ارتفاع را بر °۹۰ می‌افزاییم ـ یاآن را از °۱۸۰ می‌کاهیم ـ و سپس حاصل‌را درهریک از این دو عمل نصف می‌کنیم که همان عرض بلد خواهد بود .

و اگر نتوانیم ستاره‌ای بیابیم که پیوسته بربالای افق پدیدار باشد، جایگاه ما بر ۵۲
خطّ استواست، ونشانهٔ آن است برآمدن ستاره‌ای که ازسمت‌الرّأس می‌گذرد ازطرف راست وفرورفتن‌آن درطرف چپ که‌این دونقطهٔ برآمدن و فرورفتن درحقیقت‌برروی یک قطر واقع می‌شود.

پس اگرستارهٔ رصدشده‌ازآن‌گونه باشدکه مدارش افق را ببرد، یعنی‌ازسوی خاور برآمدنی داشته باشد و درسوی خاورفرورفتنی، چنانکه دانستیم جایگاه بیننده‌را می‌توانیم مرکزکلّ [یعنی‌مرکزعالم]بگیریم‌که‌همان‌نقطهٔ E است؛ BG خطّ‌نصف‌النّهار است و ABD مدار ستاره‌که فصل‌مشترک‌آن با سطح افق خطّ AGD [شکل۳]است. اینک سه میلهٔ EK و EL و LM را به درازاهای یکسان از هر مادّه که خواسته باشیم فراهم می‌آوریم، وبه رصدکردن ستاره درسه زمان مختلف می‌پردازیم، که هرچه فاصلهٔ میان آنهابیشترباشدنتیجه درستربه‌دست می‌آید. چنان‌گیریم که جاهای ستاره‌برمدارش
دراین سه زمان Z و H و T بوده باشد. سرهای سه میله را درنقطهٔ E با نرماده‌هایی[1] ۵۳
استوار می‌کنیم و هر یک از آنها را برای رصدکردن ستاره در یکی از سه زمان به‌کار می‌بریم، خواه بدان باشدکه چشم‌را برسر میله قراردهیم و در راستای‌آن ستاره‌رارصد کنیم، یا بردوسر میله، چنانکه مرسوم است، دوصفحهٔ سوراخدار (هَدَفَه) عمود برمیله استوارکنیم و در راستای دوسوراخ ستاره را دررصدآوریم. وچون چنین‌کنیم، EK با KZ و EL با LH و EM با MT در یک راستا می‌ایستد و سه میله بر سطح مخروطی‌قرار می‌گیردکه رأس‌آن مرکزکل و قاعده‌اش محیط مدار روزانهٔ ستاره‌است. و چون درازاهای میله‌ها با یکدیگر برابر است، رأسهای این میله‌ها یعنی K و L و M بر محیط دایره‌ای موازی با مدار ABD واقع می‌شود. سپس بانخی نازک و استوار K را به L [و نیز L را به M و M را به K] می‌پیوندیم، وآنگاه خط‌کش‌رابرراستای

۱ـ دراصل عربی به صورت نرماذج معرب نر ماده است و ظاهراً چیزی شبیه پیچ ومهره برای محکم کردن بوده است.

نخ KL قرار می‌دهیم وبی‌آنکه ازاین راستا خارج شود آن‌را چنان بر گرد L می‌گردانیم که با نخ KM مماس شود ودرنقطهٔ S به‌سطح افق برسد ؛ بدین ترتیب آشکاراست که خط کش پیوسته در سطح دایرهٔ KML بوده و نقطهٔ S بر فصل مشترك این سطح با سطح افق جای دارد . می‌دانیم که این فصل مشترك با AD موازی‌است ، پس [برای رسم کردن آن] خطّ SF را عمود بر BG می کشیم. سپس ازنقطهٔ L خط LO را بر سطح افق عمود می کنیم و از نقطهٔ O که پایهٔ عمود است خطّ OF را به‌موازات BG می‌کشیم و L را به F با خطّ LF می‌پیوندیم . زاویهٔ LFO مساوی متمّم عرض بلد می‌شود : ٥٤



[شکل ۳]

چه این زاویه در سطح دایرهٔ KLM و موازی با خطّ و اصل میان G و نیمهٔ قوس AD است ، و مثلّث FLO مشابه با مثلّثی است که از عمود فرود آمدهٔ ازنیمهٔ مدار AD بر سطح افق و دو خطّ واصل میان G و دوطرف این عمود تشکیل می‌شود و ، [چنانکه می‌دانیم] ، این دوخط دوضلع زاویهٔ متمّم عرض بلد هستند . پس زاویهٔ LFO مساوی متمّم عرض بلد است .

و اگر از رأسهای سه میله شاقولهایی بیاویزیم تا نوك آنها به سطح افق برسد و محلهای تلاقی این سه شاقول با افق بر یک خطّ مستقیم باشد ، جایگاه ما بر خطّ استوا

است. چه جیبهای ارتفاعات برای مدار واحد درخطّ استوا بر خطّ مستقیم واحد فرود می‌آید ، و این بدان سبب است که هریک از دوسطح مدار و دایرهٔ ارتفاع در استوا ٥٥
بر سطح افق عمود است و در نتیجه فصل مشترك میان آنها بر سطح افق عمود می‌شود یعنی جیب ارتفاع است . پس جیبهای ارتفاعها در سطح مدار قرار می‌گیرند و سطح افق آن را بر خطّ مستقیم می‌برد ، واز همین جهت است که نوکهای شاقولها براین خطّ مستقیم می‌گذرد .

و امّا در جاهای دیگر ، بدان جهت که جیبهای مدار بر سطح افق عموداست، و سطح مدار نسبت به سطح افق تمایل دارد ، پایه‌های جیبها بر محیط یک بیضی واقع می‌شود که فصل مشترك میان افق است بااستوانهٔ مایلی که‌این جیبهااضلاع (مولّدهای) آنند .

این سه میله را در رصد خورشید نیز می‌توان به کار برد، و به‌علّت وجود شعاع خورشید و استفادهٔ ازآن برای قراردادن میله‌ها درراستای شعاع خورشید ،کار کردن با آن آسانتر می‌شود ، خواه روش کار با توجّه به سایه‌های میله‌ها باشد یا بانگریستن از سوراخهای دوصفحهٔ سوراخدار دوکنار آنها .

و دانستن عرض بلد به میانجیگری خورشید ازاین راه ممکن است که: برسطح افق نیمکرهٔ بزرگی با کمال درستی بسازیم ، و نقطه‌ای از آن را که محاذی سمت‌الرّأس است پیدا کنیم ، که این نقطه درست بر وسط نیمکره و در جایی است که چون شاقولی را در آنجا بیاویزیم ، زاویهٔ آن با همهٔ اطراف آن از سطح کره یکسان باشد . سپس دایره‌ای همانند چنبر دَف می‌سازیم که قطر آن نزدیک یک وجب باشد و بر این چنبر مخروط قائم الزّاویه‌ای بنا می‌کنیم که دایرهٔ چنبر قاعدهٔ آن باشد . سطح مخروط را در ٥٦
نزدیکی قاعده مشبّک می‌سازیم تا بتوان ازبیرون به داخل آن‌نگریست وبادست هرچه را در درون آن است برداشت . سپس دررأس مخروط سوراخ کوچکی می‌کنیم ودایرهٔ قاعده را باچوب تُنُکی محکم می‌سازیم که باسطح کره مماس باشد واز لغزاندن‌آن براین

سطح جلوگیری نکند و از روی آن بتوانیم محلّ مرکز قاعده را پیدا کنیم. سپس به رصدکردن خورشید بدین صورت می‌پردازیم: قاعدهٔ مخروط‌را بر سطح نیمکره قرار می‌دهیم و آن را به آهستگی به حرکت درمی‌آوریم و از سوراخهای نزدیک قاعده به داخل مخروط نگاه می‌کنیم، تاچنان شودکه شعاع خورشیدکه از سوراخ رأس مخروط فرو می‌افتد بر مرکز قاعدهٔ آن واقع شود. وچون چنین شد، بر سطح نیمکره درمحلّ مرکز قاعده نشانه‌ای می‌گذاریم. آنگاه مدّتی از روز درنگ می‌کنیم و بار دیگراین‌عمل را از سر می‌گیریم و نشانهٔ دوم و سپس [باگذشتن مدّتی دیگر] نشانهٔ سوم‌را برسطح نیمکره می‌گذاریم. پس ازتعیین این سه نقطهٔ نشانه، نقطه‌ای را بر سطح کره به‌دست می‌آوریم که قطب دایرهٔ عظیمهٔ مارّ بر این سه نقطه باشد؛ این قطب محاذی با قطب شمال است، و قوس واقع میان آن و سمت‌الرّأس برروی دایرهٔ‌عظیمه متمّم‌عرض بلد خواهد بود.

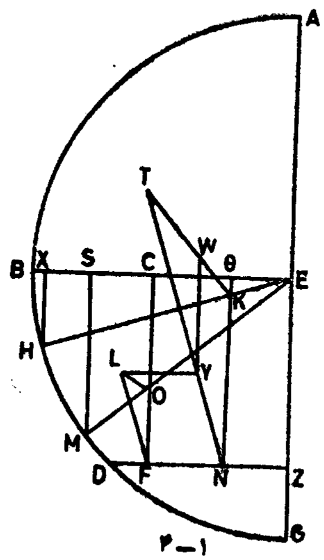
و نیز ممکن‌است کرهٔ کاملی اختیارکنیم وآن‌را برهرسطح اتّفاقی، خواه‌موازی با افق باشد یا نباشد، باگذاشتن مانعی چنان قراردهیم که هیچ حرکت نکند وازوضعی
٥٧ که داردجابه‌جانشود. سپس شاخص راستی برمی‌گزینیم وآن‌را بر پایه‌ای [مدوّروگود] نصب می‌کنیم که‌درست [همچون کلاهکی] بتواند برسطح کره‌قرارگیرد وزاویهٔ شاخص با قاعده‌اش از همه‌سو به یک اندازه باشد. سپس جائی را برسطح کره پیدا می‌کنیم که چون شاخص در آنجا در مقابل خورشید نصب شود هیچ سایه نداشته باشد، و برگرد قاعدهٔ آن در این وضع دایره‌ای رسم می‌کنیم، واین‌کار را در یک روز سه‌بار انجام می‌دهیم و جاهای سه مرکزِ دایره‌هائی را که به دست آمده نشانه می‌گذاریم. آنگاه بر سطح کره نقطه‌ای را پیدا می‌کنیم که چون پایهٔ شاخص بر آن‌گذاشته شود، نوك تیز شاقولی‌که بر بالای آن می‌آویزیم درست بررأس شاخص بگذرد، و چون شاخص را برداریم جای فرودآمدن نوك شاقول مرکز قاعدهٔ شاخص باشد؛ دراین صورت مرکز قاعدهٔ شاخص بر روی‌کره نقطهٔ محاذی سمت‌الرّأس است، وفاصلهٔ‌آن برروی دایرهٔ

عظیمه تا نقطهٔ قطبی که پیشتر یافتیم متمّم عرض بلد است . چون این متمّم عرض را از °۹۰ بکاهیم، آنچه می‌ماندعرض بلد است . و هردو روش که گفتیم یکی بیش‌نیست، جز اینکه روش دوم ، در صورتیکه کرهٔ آماده‌ای در دسترس باشد ، آسانتر است و هزینه‌اش کمتر.

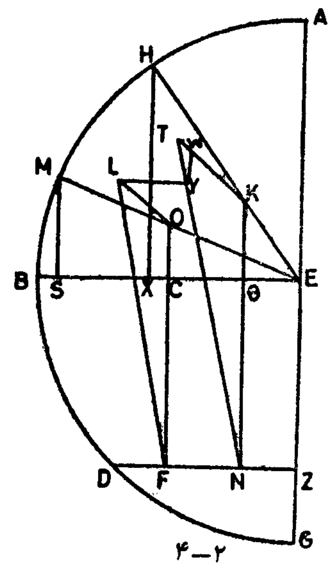
و یافتن عرض بلد ازراه نزدیکتر وآسانتر از آنچه گفتیم بدان‌است که‌دوارتفاع خورشید یا ستاره را در دوزمان مختلف اندازه بگیریم ، وهمراه با هرارتفاع سمت‌را نیز اندازه بگیریم .

فرض‌کنیم ABG افق و AEG خط نصف‌النّهار و BE خطّ اعتدال [یعنی‌خطّ
۵۸ واصل میان مشرق و مغرب] و ZD فصل مشترك سطح افق با سطح مدار خورشید باشد [شکل ٤] . اگر BM اندازهٔ دوری سمت درارتفاع اوّل از خطّ اعتدال و BH اندازهٔ دوری سمت در ارتفاع دوم باشد ، دو خطّ ME و HE را رسم می‌کنیم وازM و H دو عمود MS و HX را بر BE فرود می‌آوریم ؛ خطّ OE را برابر باجیب‌تمام ارتفاع اوّل ، و EK را برابر با جیب تمام ارتفاع دوم جدا می‌کنیم و از دونقطه O و K دو عمود OC و Kθ را بر BE فرود می‌آوریم ؛ حال دوعمود OL و KT را بر سطح افق چنان اخراج می‌کنیم که OL برابر با جیب ارتفاع اوّل و KT برابر با جیب ارتفاع دوم بوده‌باشد ، و دوخطّ LF و TN را می‌کشیم . مثلّث LOF مثلّث ارتفاع اوّل است ، و مثلّث TKN مثلّث ارتفاع دوم ، و این دو مثلّث متشابهند، چه همهٔ مثلّثهایی که بدین صورت در سراسر مدار ساخته شود با یکدیگر متشابهند .

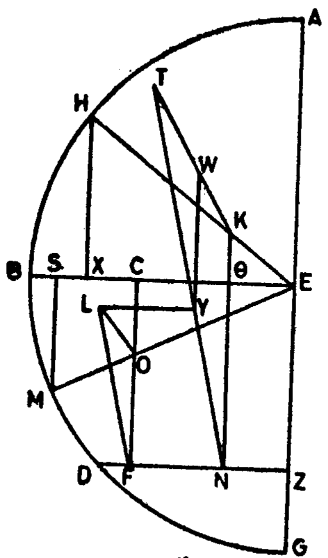
چون دوخطّ LY و YW را به‌موازات سطح افق [اوّلی موازی با DZ ودومی موازی با AG] رسم‌کنیم ، مثلّث TWY نیز با دومثلّث مذکور مشابه می‌شود . از تشابه‌دومثلّث EMS و EOC چنان‌نتیجه می‌شود‌که نسبت EO یعنی جیب تمام ارتفاع اوّل به OC یعنی حصّهٔ سمت اوّل، برابراست بانسبت EM یعنی جیب کلّی[=جیب °۹۰] به MS یعنی جیب سمت اوّل ؛ از این راه OC به دست می‌آید . ونیز نسبت



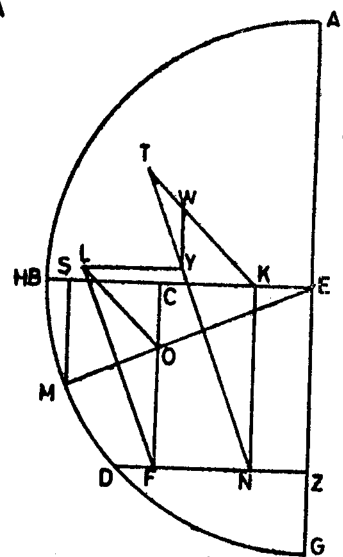
۴ــ۱



۴ــ۲

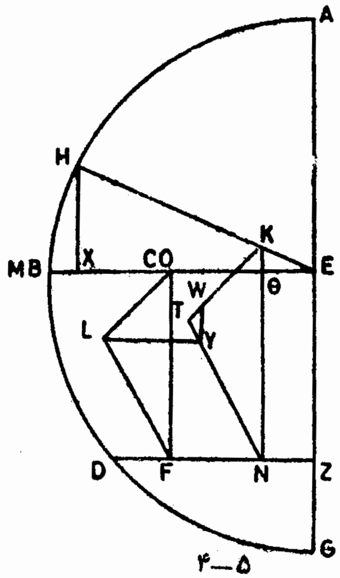


۴ــ۳



۴ــ۴

[شكل ٤]



[شکل ٤]

EK یعنی جیب تمام ارتفاع دوم به Kθ یعنی حصّهٔ سمت دوم ، برابر است با نسبت EH یعنی جیب کلّی به HX یعنی جیب سمت دوم؛ و از این راه Kθ به‌دست می‌آید. تفاوت میان OC و Kθ که برابر با WY است معلوم‌است ، و نیز تفاوت OL وKT که دوجیب دوارتفاع است معلوم و برابر با WT است . بنابراین TY که وتر مثلّث ۵۹
قائم‌الزّاویه‌ای‌است که‌دوطول شناختهٔ TW و WY اضلاع دیگر آنند به‌دست می‌آید. ونسبت TY به TW همان‌نسبت‌جیب زاویهٔ قائمه TWY است به جیب زاویهٔ TYW. ولی زاویهٔ TYW برابر با متمّم عرض بلد است که چون آن را به‌دست‌آوردیم عرض بلد را نیز به دست آورده‌ایم :

و این عمل مشتمل بر پنج حالت است : نخست آنکه هردو سمت در شمال خطّ اعتدال باشد ؛ دوم آنکه هردو جنوبی باشد ؛ سوم آنکه یکی از آن دو شمالی باشد و دیگری‌جنوبی ؛ چهارم‌آنکه یکی شمالی باشد ودیگری بر خطّ اعتدال ؛ وپنجم‌آنکه یکی جنوبی باشد و دیگری بر خطّ اعتدال .

حالتهای اوّل وسوم و چهارم و پنجم مخصوص مدارهایی‌است که‌میل شمالی دارند؛ حالت دوم مخصوص مدارهایی است که میل شمالی یا میل جنوبی یا میل صفر دارند . و به همین جهت این حالت مستلزم سه شکل است ، ولی ما برای اختصار تنها یک شکل آن را در تصویر رسم کرده‌ایم ، چه مثال عددی که خواهیم آورد ، جانشین صورت دیگری از آن می‌شود .

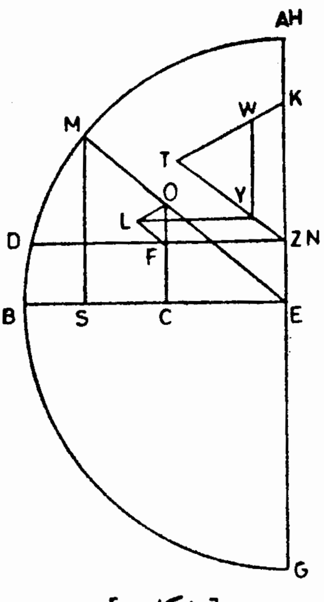
۶۱ برای آنکه اختصار را نگاه داشته باشم، محاسبه را خلاصه بیان می کنم و می‌گویم: برای یافتن چیزهایی که یکی از آنها عرض شهر جُرجانیّه بود، روز جمعهٔ چهارم رجب سال چهارصدوهفت هجری ، برابر باروز اَشتاذ (بیست و ششم) آذرماه سال سیصدو هشتادوپنج یزدگردی ، پس از نیمروز همان روز ، در دو وقت مختلف ارتفاع و سمت خورشید را اندازه گرفتم . در اندازه‌گیری اوّل ارتفاع خورشید ۲۱° ۱۰′ و سمت آن ازمغرب خطّ اعتدال ۶۷° ۳۰′ درآمد ؛ دراندازه‌گیری دوم ارتفاع ۱۴° ۵۰′ وسمت آن ازمغرب اعتدال ۵۲° ۳۵′ ؛ جیب سمت اوّل را که ۵۵° ۲۵′ ۵۸″ است[1] درجیب تمام ارتفاع اوّل که ۵۵° ۵۷′ ۷″ است ضرب کردم که حاصل برحسب رابعه برابر شد با ۲۶۶،۳۶۹،۱۹۶،۴۰ ؛ از تقسیم این حاصل بر جیب کلّی ، ۵۱° ۴۱′ ۳۵″ به دست آمد که حصّه سمت اوّل است . و نیز جیب سمت دوم یعنی ۴۷° ۳۶′ ۴″ را در جیب تمام ارتفاع دوم یعنی ۵۸° ۰′ ۱″ ضرب کردم که حاصل آن ۳۵،۷۸۰،۹۷۴،۵۶۴

۶۲ رابعه شد . ازتقسیم این حاصل ضرب برجیب کلّی، خارج قسمت ۴۶° ۰′ ۵۳″ به‌دست آمد که حصّهٔ سمت دوم است . تفاضل میان دوحصّهٔ سمت را که ۵° ۴۰′ ۴۲″ است

۱ـ در اینجا درجه به معنی متعارفی آن نیست . زمانی جیب را برحسب اینکه شعاع دایره به ۶۰ جزء وهرجزء به ۶۰ جزء و همین‌طور تاهراندازه که پیش رود تقسیم‌شده‌باشد، بیان می کردند. به‌این ترتیب ، جیب موردنظر که به‌حساب اعشاری درآید(بافرض شعاع مساوی واحد) ، می‌شود $\frac{۵۵ \times ۶۰ \times ۶۰ + ۲۵ \times ۶۰ + ۵۸}{۶۰ \times ۶۰ \times ۶۰}$ یعنی ۰٫۹۲۳۸

درخودش ضرب کردم که ۳۶۴٬۸۷۵٬۴۱۷ رابعه‌شد. جیب ارتفاع اوّل ۲۱° ۳۹′ ۵۴″ و جیب ارتفاع دوم ۱۵° ۲۱′ ۳۸″ و تفاوت میان آنها ۶° ۱۸′ ۱۶″ و مربّع این تفاوت ۴۱۶٬۱۰۸٬۵۱۵ رابعه است . مجموع دو مربّع برابر ۹۳۲٬۹۸۳٬۷۸۰ رابعه است و جذر آن ۳۰٬۵۴۵ ثانیه که همان وتر است . و چون تفاوت میان جیبهای دوارتفاع را در جیب کلّی ضرب کردم ، حاصل ۳۶۱٬۷۶۰ ثانیه به دست آمد و از تقسیم آن بر ثانیه‌های وتر ۴۴° ۳۴′ ۵۵″ که همان جیب متمّم عرض بلد وقوس متناظر با آن ۴۷° ۵۹′ ۲۵″ است ، و بنابراین عرض جرجانیّه ۴۲° ۰′ ۳۵″ معلوم شد .

و اگر یکی از دوارتفاع بر دایرهٔ نصف‌النّهار باشد که ناگزیر بزرگترین آن دو خواهد بود ، خط AE [شکل ۵] که قطعه‌ای از نصف النّهار است جایگزین EH می‌شود ، وبنابر آن EK جیب تمام‌ارتفاع نصف‌النّهاری و KT جیب ارتفاع نصف‌النّهاری



[شکل ۵]

خواهد بود و باقی اثبات برهمان‌گونه است که هم اکنون گفتم ، جز اینکه به پنج حالت تقسیم می‌شود ، بدان جهت که ارتفاع نصف‌النّهاری یا جنوبی است یا بر سمت الرّأس است و یا شمالی است ، وسمت و ارتفاع دیگر درحالت اوّل ممکن است بر خطّ اعتدال

باشد یا بر شمال آن یا برجنوب آن ، و در دوحالت دیگر جز در شمال آن نتواند بود.

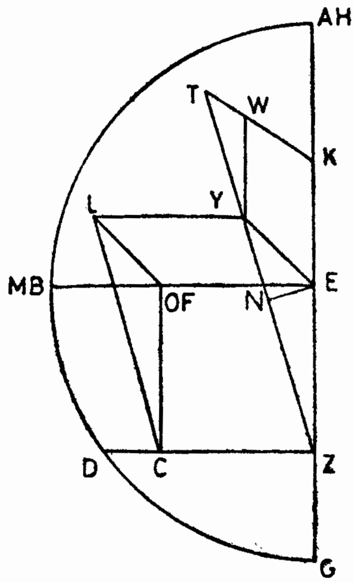
٦٣ و در همهٔ این حالات نقاط واقع بر معدّل النّهار و نقاطی‌راکه عرض‌آنها از متمّم میل اعظم کمترنباشد ، استثنا می‌کنم ، چه خبردرستی به‌مانرسیده است که چنین نقاط مسکون باشد . و از این همه به ذکر یک رصد بسنده می‌کنم ، چه باقی حالات را می‌توان برآن قیاس کرد .

در نیمروز همان روز آدینه که پیشتر ذکر آن‌گذشت ، ارتفاع خورشید را در جرجانیّه ٢٤° ٢٨′ یافتیم . KT که جیب این‌ارتفاع است برابربا ٢٤° ٥٠′ ٥٩″ ،وجیب تمام آن KE برابر با ٥٤° ٣٦′ ٤٤″ است . پس ازاین رصد ، دورصد دیگر نیز یکی پس از دیگری انجام دادم . اگر فرض‌کنیم‌که BM سمت ارتفاع دوم بوده‌باشد ، چون اندازهٔ آن ٦٧° ٣٠′ به‌دست‌آمده بود، اندازهٔ جیب MS آن ٥٥° ٢٥′ ٥٨″ است ؛ ارتفاع متناظر با این‌سمت ٢١° ١٠′ و جیب LO آن ٢١° ٣٩′ ٥٤″ و جیب تمام OE آن ٥٥° ٥٧′ ٧″است . چون EO را در MS ضرب کنیم،حاصل‌ضرب به‌رابعه می‌شود
٦٤ ٤٠٬١٩٦٬٣٦٩٬٢٦٦ که از بخش‌کردن آن بر جیب کلّی ، حصّهٔ سمت یعنی OC برابربا ٥١° ٤١′ ٣٥″ به‌دست‌می‌آید.تفاوت میان OC وجیب‌تمام‌ارتفاع نصف‌النّهاری EK ، یعنی TW، برابر است با ٢° ٥٥′ ٩″ . وتفاوت میان LO و TK ، یعنی TW ، برابر است با ٣° ١١′ ٦″ که مربّع آن ١٣١٬٤٦٩٬١٥٦ رابعه می‌شود ؛ ولی مربّع TW برابر با ١١٠٬٤٣٩٬٠٨١ رابعه است و حاصل جمع این دو ٢٤١٬٩٠٨٬٢٣٧ رابعه و جذر آن ١٥٬٥٥٣ ثانیه اندازهٔ وتر است . از ضرب کردن اختلاف میان LO و TK درجیب کلّی ٦٧٨٬٩٦٠ ثانیه به‌دست می‌آید که چون آن‌را برثانیه‌های وتر بخش‌کنیم ، حاصل ٤٤° ١٣′ ٥٩″ به‌دست می‌آید که همان جیب تمام‌عرض‌بلداست و قوس‌متناظر با آن ٤٧° ٢٩′ ٤٢″ . بنابراین‌عرض جرجانیّه ٤٢° ٣٠′ ١٨″ است .

و اگر فرض‌کنیم [درهمان شکل ٥] BM اندازهٔ سمت متناظر باارتفاع[رصد] سوم باشد ، چون اندازهٔ آن ٥٢° ٣٠′ به‌دست آمده بود ، اندازهٔ جیب MS آن

٤٧° ٣٦′ ٤″ می‌شود؛ ارتفاع متناظر با این سمت ١٤° ٥٠′ وجیب LO آن ١٥° ٢١′ ٣٨″ و جیب تمام OE آن ٥٨° ٠′ ١″ ، وحصّهٔ سمت OC آن ٤٦° ٠′ ٥٣″ است .
تفاوت میان OC و KE یعنی WY می‌شود ٨° ٣٥′ ٥١″ و مربّع آن ٩٥٧‘٩٦٤‘٤٠١ رابعه . TW یعنی تفاوت میان LO و TK برابر است با ٩° ٢٩′ ٢١″ ومربّع آن به رابعه ١‘١٦٦‘٢٩٠‘٨٠١ رابعه. حاصل جمع این دو مربّع ٢‘١٢٤‘٢٥٥‘٢٠٢ رابعه وجذر آن ٤٦‘٠٩٠ اندازهٔ ثانیه‌های وتر است . حاصل ضرب TW در جیب کلّی می‌شود ٦٥
٢‘٠٤٩‘٦٦٠ ثانیه که چون آن را بر ثانیه‌های وتر بخش کنیم ، خارج قسمت آن یعنی ٤٤° ٢٨′ ١٥″ جیب تمام عرض بلد است وقوس متناظر با آن ٤٧° ٤٩′ ٥٦″؛ پس عرض جرجانیّه می‌شود ٤٢° ١٠′ ٤″.

و اگر یکی از دوار تفاع بر دایرهٔ نصف‌النّهار باشد، وسمت ارتفاع دیگر برخطّ اعتدال واقع شود ، شکل آن چنین خواهد شد [شکل ٦] .



[شکل ٦]

و من دوبار آن [خورشید] را بدین صورت رصد کردم . بار نخست در روستایی بود به نام بوشکانز در مغرب جرجانیّه ، میان آن و شهر خوارزم ، به سال سیصدو

٦٦ هشتادوچهار هجری موافق با سال سیصد و شصت یزدگردی ؛ و این کار را با دایره‌ای بر سطح افق به انجام رسانیدم که قطر آن پانزده ذراع بود . در هنگامی از سال که سایه‌ها کوتاهتر از هروقت دیگر بود، بزرگترین ارتفاع خورشید را اندازه گرفتم و آن‌را ″٤٥ ′٥٩ °٧١ یافتم ، و اندازهٔ سایه را هنگام رسیدن آن به خطّ اعتدال درهمان‌روز به‌دست آوردم ، ولی به‌علّت نابسامانیهایی که سبب این شد که از آن روستا بیرون‌روم وکار را ناتمام بگذارم ، این اندازه را فراموش کردم . امّا آنچه به یادم مانده است اینکه اندازهٔ میل‌اعظم را ″٤٥ ′٣٥ °٢٣ و اندازهٔ عرض‌آن روستا را ′٣٦ °٤١ یافته بودم .

و امّا بار دوم در سال چهارصدوهفت هجری بود که در جرجانیّه بزرگترین ارتفاع نصف‌النّهاری خورشید را به میانجیگری ربع دایره‌ای اندازه گرفتم که قطر آن شش ذراع بود و محیط آن را به دقیقه‌ها تقسیم کرده بودم ؛ ارتفاعی که به دست‌آمد، ′١٨ °٧١ بود . ولی دلم برای یافتن کوچکترین ارتفاع آرام نداشت ، پس احتیاط را به‌کار بستم و ارتفاع خورشید را مقارن با بی‌سمتی آن در میانین روز از روزهایی که اندازه‌های ارتفاع بر نصف‌النّهار نزدیک یکدیگر است و به حس برابر می‌نمایداندازه گرفتم ، و آن روز جمعهٔ هفتم محرّم همان سال و روز ششم یعنی خرداد روز از ماه تیر سال سیصدو هشتادوپنج یزدگردی بود ؛ مقداری که به دست آمد ، اندکی کمتر از ′٣٠ °٣٦ بود . جیب آن یعنی LO [شکل ٦] ″٢٢ ′٤١ °٣٥ است و جیب ارتفاع

٦٧ نصف‌النّهاری یعنی خطّ TK برابر با ″٥٧ ′٤٩ °٥٦ ؛ تفاوت این دو ، یعنی TW می‌شود ″٣٥ ′٨ °٢١ و مجذور آن ٢٢٥٬٤٩٣٬٧٩٣٬٥ رابعه . ولی TW برابربا EK است که جیب‌تمام ارتفاع نصف‌النّهاری است‌واندازهٔ آن ″١٢ ′١٤ °١٩ ومربّع آن ٥٠٤٬٨٣٩٬٧٩٥٬٤ رابعه است . مجموع دو مربّع ٧٢٩٬٣٣٢٬٥٨٩٬١٠ رابعه و جذر آن ٩٠٤٬١٠٢ ثانیه می‌شود که TY است . و نسبت TY به YW همانند نسبت جیب زاویهٔ قائمهٔ TWY به جیب زاویهٔ WTY یعنی عرض بلد است . پس

چون جیب تمام ارتفاع نصف‌النّهاری را در جیب کلّی ضرب کنیم و حاصل آن را که ۱۲۰٬ ۱۵۵٬ ۴ ثانیه است بر عدّهٔ ثانیه‌های وتر قسمت کنیم ، ″۴۳ ′۲۲ °۴۰ به‌دست می‌آید که جیب عرض بلد است و قوس متناظر با آن یعنی ″۵۰ ′۱۷ °۴۲ عرض جرجانیّه.

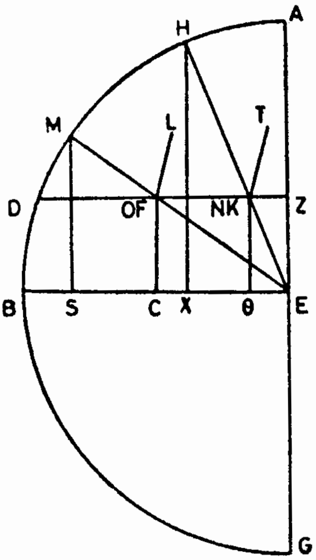
و امّا اینکه برای کمّیّت واحد اندازه‌های مختلف به‌دست می‌آید[1] ، بدان سبب است که کار رصد کار بزرگی است که در آن باید اجزای [درجات و دقایق و ثوانی] دوایر بزرگ آسمانی با اجزای دایرهٔ کوچکی از آلات رصد اندازه‌گیری شود و این کار ناگزیر همیشه با تقریبی همراه است ؛ ونیز به سبب آن است که در محاسبهٔ جیبها و وترها عمل جذر گرفتن لازم می‌شود ، و دیگر اینکه راهی به‌پیدا کردن درست بعضی از آنها ، مثلاً وتر یک جزءِ ازسیصدوشصت جزءِ دایره [یعنی یک درجه] دردست نیست ؛ و به همین جهت است که در محاسبات باید چنان کنند که هرچه ممکن است اعمالی که در آنها جیبها وارد می‌شود کمتر باشد تا اندازهٔ تقریب در محاسبه نیز کوچکتر شود . و نیز ۶۸
به‌همین جهت است که آنچه را با رصد ساده به دست می‌آید بر آنچه از محاسبه به دست می‌آید ترجیح می‌نهند . و امّا من بدان سبب به محاسبه می‌پردازم که هرچه بیشتر پرده از روی حقیقت برداشته شود و از مقایسهٔ نتیجه‌ها با یکدیگر آرامش خاطر بیشتر فراهم آید .

وعرض درست جرجانیّه ′۱۷ °۴۲ است ، چه اگر از ارتفاع خورشید هنگام انقلاب صیفی دراین شهر که به‌رصد من ′۱۸ °۷۱است ، میل کلّی را که ′۳۵ °۲۳است بکاهیم ، باقیمانده یعنی ′۴۳ °۴۷ متمّم عرض این‌شهر به‌دست می‌آید ، وبنابرآن عرض شهر ′۱۷ °۴۲ خواهد بود ، ومن بر این مقدار عمل می‌کنم وآن را درست می‌دانم. ونیز اگر میل کلّی را بر متمّم بزرگترین ارتفاع که ′۴۲ °۱۸ است بیفزاییم ، باز همان ′۱۷ °۴۲ یعنی عرض جرجانیّه به‌دست می‌آید.

۱- مقصود تفاوتهایی است که ، مثلاً ، برای عرض جرجانیه در اندازه‌گیریهای مختلف به‌نظر می‌رسد که در متن آمده است .

و اگر جایگاه شخص رصدکننده بر خطّ استوا باشد که در آن جیبهای ارتفاعها در سطح مدار واقع است ، خطّ LO [شکل ۷] با خطّ LF ، و همچنین خطّ TK با خطّ TN یکی می‌شود و دومثلّث OLF و TNK از میان می‌رود . وچون هریک از دو خطّ LF و TN به ترتیب با هریک از دوخطّ FC و Kθ زاویه‌ای برابر با متمّم عرض بلد می‌سازد ، در اینجا نیز چنین می‌شود . ودلیل آن این است که هریک از آن دوخطّ [یعنی LF و TN] به ترتیب بر هریک از دو خطّ FC و Kθ عمود است .

۶۹ و چون متمّم عرض در اینجا چهاریک کامل دایره است ، پس شکل بدین صورت



[شکل ۷]

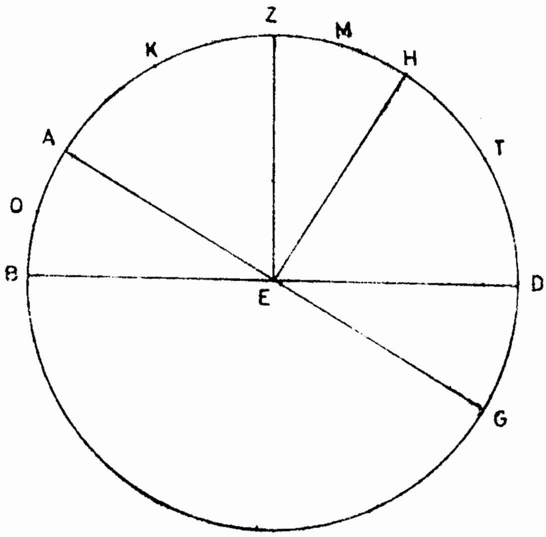
[شکل ۷] در می‌آید که در آن Kθ و OC یعنی دوحصّهٔ دو سمت با یکدیگر برابر است . و هرگاه که این دو با یکدیگر برابرشود، آشکار است که جایگاه رصد برخطّ استوا قرار دارد .

و آشکار است که اگر یکی از دوارتفاع ارتفاع نصف‌النّهاری بوده باشد، EZ جانشین حصّهٔ سمت می‌شود و برابر با جیب تمام ارتفاع نصف‌النّهاری یا گشادگی مشرق

(سِعَةُ المشرق) خواهد بود . ولی DB که همان گشادگی مشرق‌است ، دراینجابامیل اعظم برابر است . پس هرجاکه درآن جیب تمام ارتفاع نصف‌النّهاری مساوی حصّهٔ سمت ارتفاعی دیگر باشد ، آن‌جا بر خطّ استوا واقع است ، و در چنین جا ، پیوسته حصّهٔ سمت برابر با جیب گشادگی مشرق یعنی جیب میل است . و اگر خورشید دریکی ازدونقطهٔ اعتدال باشد ، پایه‌های جیبهای‌ارتفاعها برخطّ BE واقع می‌شود ورصدکننده برای هیچ یکٔ از ارتفاعها سمتی جز خطّ اعتدال نمی‌یابد .

واگرعرض‌بلدی دانسته باشد، عرض‌نادانستهٔ بلد دیگر را می‌توان به‌میانجیگری آن پیدا کرد ، و این بدان است که یکی از ستارگان ثابت را در هردو مکان در یکٔ زمان یا در دوزمانی که فاصلهٔ آنها به‌اندازه‌ای کم باشدکه حرکت ستارگان ثابت دراین فاصله آشکاز نشود، رصدکنند . پس اگرهنگامی که ستاره برنصف‌النّهاراست ارتفاع ۷۰
آن را درهردوشهر اندازه بگیریم، ودرهردو شهر ستاره درجانب واحدی‌ازسمت‌الرّأس بوده باشد ، تفاوت میان این دو ارتفاع را حساب می‌کنیم . اگر درهردوشهر ستاره در جنوب سمت‌الرّأس و ارتفاع آن درشهری که عرضش دانسته است بیشتر باشد، تفاوت دوارتفاع را برعرض این شهر می افزاییم ، و اگر ارتفاع در شهری که عرضش دانسته است کمتر باشد، تفاوت‌را ازعرض‌آن می‌کاهیم .واگرهردوارتفاع درشمال سمت‌الرّأس باشد ، و هردو ارتفاع درستارهٔ پیوسته پیدا در بزرگترین مقدار یادرکوچکترین‌مقدار آن اندازه‌گرفته شود ، درصورتی که ارتفاع شهری که عرضش دانسته‌است‌کمتر باشد، تفاوت دوارتفاع را برعرض دانسته می‌افزاییم ، ودرصورتیکه این ارتفاع بیشتر باشد ، تفاوت را ازآن می‌کاهیم . و اگرگذرگاه ستاره در یکٔ شهر در شمال سمت‌الرّأس و در شهر دیگر درجنوب سمت‌الرّأس باشد ، متمّمهای دوارتفاع را بریکدیگر می‌افزاییم و، درصورتی که‌ارتفاع درشهری که عرضش دانسته‌است شمالی‌باشد، این مجموع را برعرض آن اضافه می‌کنیم ، ودر صورتی که ارتفاع درآن جنوبی باشد ، این مجموع را ازعرض می‌کاهیم ، و در همهٔ این حالات آنچه به‌دست می‌آید عرض نادانستهٔ موردنظراست .

و برهان آن چنین است ؛ ABGD دایرهٔ نصف النّهار ، BED خطّ نصف النّهار شهر Z ، و AEG خطّ نصف النّهار شهر H است [شکل ۸] ؛ فرض کنیم نقطهٔ K محلّ عبور ستاره بر دایرهٔ نصف النّهار در جنوب H و Z هردو ، و O نقطهٔ تقاطع
٧١ معدّل النّهار با دایرهٔ ABGD باشد . اگر عرض شهر Z معلوم باشد ، تفاوت میان دوارتفاع ستاره یعنی KB و KA را که AB و برابر با ZH است ، بر ZO که عرض شهر Z است می‌افزایيم وحاصل آن OH عرض شهر H خواهد بود ، چه ارتفاع شهر Z



[شکل ۸]

یعنی KB از ارتفاع شهر H یعنی KA بیشتر است . حال اگر فرض کنیم که H شهری باشد که عرض آن شناخته است ، در این صورت ارتفاع ستاره یعنی KA در این شهر از ارتفاع KB در شهر Z کوچکتر است ، و بنابراین چون تفاوت $\hat{HZ}$ را از OH که عرض شهر H است بکاهیم ، آنچه باقی می‌ماند ، یعنی OZ عرض شهر Z خواهدبود : و بر همین قیاس است حالتی که در آن ستاره بر سمت الرّأس شهر Z بگذرد که اگر OZ معلوم باشد آن را باتفاوت دوارتفاع جمع می‌کنیم تا OH به دست آید ، بدان جهت که ارتفاع در شهر Z بیشتر است ؛ و اگر OH معلوم باشد ، تفاوت را از آن می‌کاهیم که OZ

به‌دست می‌آید .

و اگر فرض کنیم که ستارهٔ T نسبت به هردو شهر Z و H شمالی باشد ، شرط افزودن و کاستن معکوس می‌شود ، چه‌اگر OZ معلوم باشد و TD یعنی ارتفاع ستاره در شهر Z که عرض آن دانسته است کوچکتر از TG یعنی ارتفاع ستاره در شهر H که عرض آن ناشناخته‌است باشد، تفاوت HZ را بر OZ می‌افزاییم تا OH که عرض شهر H است به دست آید و اگر OH معلوم باشد، وارتفاع TG در شهر H ازارتفاع TD در شهر Z بیشتر ، تفاوت HZ را از عرض معلوم OH می‌کاهیم که باقی‌ماندهٔ آن OZ عرض شهر Z خواهد بود . و اگر ستاره بر H بگذرد نیزمحاسبه چنین‌خواهد ۷۲
بود .

ولی اگر چنان باشدکه ستاره از M بگذرد و نسبت به Z شمالی باشد و نسبت به H جنوبی ، HM متمّم ارتفاع آن در شهر H یعنی MA ، و ZM متمّم ارتفاع‌آن در شهر Z یعنی MD خواهد بود ، و مجموع این دو متمّم HZ است . پس اگر OZ معلوم و گذرگاه ستارهٔ M در شمال Z باشد ، HZ یعنی مجموع دومتمّم را بر OZ می‌افزاییم تا عرض نادانسته OH به‌دست آید ، و اگر OH معلوم وگذرگاه ستارهٔ M در جنوب H باشد ، HZ یعنی مجموع دومتمّم را از عرض دانستهٔ OH می‌کاهیم تا عرض نادانستهٔ OZ دانسته شود .

و در رصدها چیزی که بتوان مثالی برای این محاسبه دانست ، جز ستارهٔ همدم سُهیٰ یعنی ستارهٔ میانین از سه ستارهٔ بنات نعش نیافتم . پسران موسی بلندترین ارتفاع آن را در سُرَّمَنْ رَأیٰ ′٥ °٦٣ یافتند و ، چنانکه بیشترگذشت، بلندترین ارتفاع آن را ۷۳
در بغداد ′۱۳ °٦۲ به‌دست‌آوردند ، که تفاوت این دو ارتفاع ′٥۲ °۰ می‌شود. وچون این‌هردو ارتفاع درشمال سمت‌الرّأس است وعرض سُرَّ مَنْ رَأیٰ در رصدهای ایشان ′۱۲ °٣٤ به دست آمده ، باکم کردن این تفاوت از عرض سُرَّ مَنْ رَأیٰ ′۲۰ °۳۳ باقی می‌ماندکه همان عرض بغداد است، وهمین اندازه در رصدهای ایشان آمده‌است ؛

و چون تفاوت را بر این عرض بیفزاییم ، بار دیگر عرض سُرَّ مَنْ رأیٰ به دست خواهد آمد . وپیشتر گفتم که در بعضی ازنسخه‌ها ارتفاع این ستاره ′۳ °٦۲ نوشته‌شده که بدین حساب تفاوت ارتفاعها ′۲ °۱ می‌شود که چون آن را از عرض سُرَّ مَنْ رَأیٰ بکاهیم ، باقیمانده یعنی ′۱۰ °۳۳ عرض بغداد خواهد بود . و از همین‌جا معلوم می‌شود که اندازهٔ نخستین درستتر است و این اختلاف از خطای نویسندهٔ نسخه بوده است .

و همان‌گونه که به‌کاربردن این روش با ستارگان ثابت ممکن است ، باخورشید نیزممکن‌است، جزاینکه اندازه‌گیری باید درروزمعیّنی انجام شود،چه میل ومتغیّربودن آن برحسب ساعتها دراندازهٔ ارتفاع تأثیر می‌کند . و ازگزارشهایی که می‌توان همچون نمونه از آنها یادکرد ، اینها است : در اندازه‌گیریهای دِمَشْقی این را یافتم که ارتفاع خورشید در نیمروز چهارشنبهٔ بیست‌وششم ازماه ربیع‌الاوّل سال دویست‌وهفده‌هجری مطابق باروز اِسفند ارمَذْ یعنی روز پنجم ازماه فروردین‌سال‌دویست‌ویک یزدگردی، در دمشق برابر با ″۵۰ ′۷ °۷۲ بوده است ؛ و ابوالحسن نوشته است که اندازهٔ آن را در بغداد برابر با ′١٤ °۷۲ یافته بوده است ؛ تفاوت میان این دو ارتفاع ″۱۰ ′٦ °۰ است که چون آن را از عرض یافته شدهٔ دمشق یعنی ″۱۸ ′۳۰ °۳۳ بکاهیم ، عرض بغداد برابر با ″۸ ′۲٤ °۳۳ به‌دست می‌آید . و نیز در همان‌جا آمده است که ارتفاع
٧٤ خورشید در دمشق در نیمروز شنبهٔ دوم رجب سال دویست‌وهفده هجری مطابق باآذر روزیعنی‌روزنهم‌ازتیرماه سال‌دویست‌ویک‌هجری برابر با ″٤ ′۲ °۷۳ است؛وابوالحسن نوشته است که آن را در بغداد برابر با ′٦ °۷۳ یافته است ؛ تفاوت این دو می‌شود ″٥٦ ′٤ °۰ که چون آن‌را ازعرض‌دمشق بکاهیم ،عرض بغداد برابر ″۲۲ ′۲٥ °۳۳ به‌دست می‌آید .

مثالی دیگر: ابومحمود خُجَنْدی درسال سیصدوهشتادوچهار هجری درشهرری بزرگترین ارتفاع خورشید را ″٤۰ ′٥۷ °۷۷ یافت ، وعرض شهرری ″۳۹ ′۳٤ °۳٥ است . و من در این سال بزرگترین ارتفاع خورشید را در یکی از روستاهای خوارزم

۷۱° ۵۹′ ۴۵″ یافتم و عرض آن روستا ۴۱° ۳۶′ بود . چون تفاوت میان دو ارتفاع ۵° ۵۷′ ۵۵″ را بر عرض دانستهٔ ری بیفزاییم ، ۴۱° ۳۲′ ۳۴″ عرض روستا می‌شود ، و چون این تفاوت را از عرض دانستهٔ روستا بکاهیم ، باقیمانده یعنی ۳۵° ۳۸′ ۵″ عرض ری خواهد بود . و از آن‌جهت برای بیان یک مطلب مثالهای گوناگون می‌آورم تا بهتر گواه درستی گفته‌ها باشد و با شبیه بودن نتیجه‌ها آرامشِ خاطر بیشتر فراهم شود .

اگر دو ارتفاع از یک ستارهٔ ثابت معیّن در یک زمان یا در دو زمان بسیار نزدیک ۷۵
به‌یکدیگر باشد ، روش کار همان‌است که گفتم . اما اگر دو زمان دور از یکدیگر باشد ، یا در یک شهر بزرگترین ارتفاع و در شهر دیگر کوچکترین ارتفاع اندازه‌گیری شود ، به‌دانستن محلّ ستاره از لحاظ طول و عرض نیاز است ، و برای محاسبه باید به زیج مراجعه شود که مخصوص این کار است .

گفتار در بیرون آوردن میل اعظم به صورت مستقل

میل اعظم اندازهٔ زاویه‌ای است که معدّل‌النّهار و فلکُ‌البروج بر آن یکدیگر را می‌برند، و میل کلّی نیز خوانده می‌شود، و برابر با فاصلهٔ میان قطبهای این دو دایره است. و شناختن آن بی‌میانجیگری عرض بلد بر دوگونه است: یکی اینکه بزرگترین ارتفاعهای خورشید در دایرهٔ نصف‌النّهار بَلَد و نیز کوچکترین آنهارا اندازه‌بگیرند؛ درصورتی‌که این‌هردوارتفاع در یکْ سوی سمت‌الرّأس باشد تفاضل آنها، ودرصورتی که دوارتفاع در دوسوی سمت‌الرّأس باشد حاصل جمع متمّمهای آنها دوبرابر میل اعظم است. وگونهٔ دوم از این راه است که یکی از این دو ارتفاع را با ارتفاع دیگری از خورشید که سمت آن دانسته باشد اندازه بگیریم.

و امّا گونهٔ اوّل استوارتر است چه تنها به رصد وابسته است و محاسبه‌ای با آن ۷۶
آمیخته نمی‌شود؛ و پیشینیان و بیشترین پسینیان بر همین راه رفته‌اند، هرچند خبرکار بعضی از ایشان همچون اَراطِسْتانِسْ به‌ما نرسیده است. اِبَرْخُس، بنابرآنچه در کتاب اَلْمَجِسْطی آمده، از او روایت کرده است که فاصلهٔ دومُنْقَلَب [انقلاب صَیْفی وانقلاب شَتْوی] تقریباً یازده جزءِ از هشتادوسه جزءِ کلّ محیط دایره‌است، و خود آن را پسندیده است، ولی معلوم نیست که این موافقت وی به‌تقلید است یا به‌اینکه با رصدِ وی نیزهمین اندازه به‌دست‌آمده بوده‌است. و امّا دراین مقدارتسامحی وجود دارد، چه، بنابرمرسوم میان علمای هیئت، دایره‌ها و بالخاصّه دوایر عظیمه

به‌سیصدوشصت جزء [درجه] تقسیم می‌شود وکمانهای افزارهای‌نجومیِ خودرا همین‌گونه تقسیم می‌کنند . پس آن عددی‌که یاد شد عددی نیست که دایره در عمل چنان بخش شده باشد ، بلکه برای ساده‌ترکردن کسر یا برای منظور دیگری که صاحب آن بهتر می‌داندکسر را بدین صورت درآورده بوده‌اند .

و نسبت یازده به هشتادوسه برابر است با نسبت درجات میان دو مُنْقَلَب در دایره‌ای که به سیصدوشصت قسمت شده باشد ، به‌سیصدوشصت . پس چون اوّلی [١١] را درچهارمی [٣٦٠] ضرب وبردومی [٨٣] قسمت‌کنیم ، برای سومی درجات و اجزاءِ درجه‌ای حاصل می‌شود[1] که ثامنه‌های آن صفر است[2] ، ولی رشتهٔ کسرها پس از آن بریده نمی‌شود . حاصل ٤٧° ٤٢′ ٣٩″ ٢‴ ١٠^{IV} ٧^{V} ١٤^{VI} ١٣^{VII}
٧٧ است و نیمهٔ آن می‌شود ٢٣° ٥١′ ١٩″ ٣١‴ ٥^{IV} ٣^{V} ٣٧^{VI} ٦^{VII} ٣٠^{VIII} که کسرهای‌پایینتر نیزدارد. ودانسته‌شده‌است‌که‌بزرگترین کاری که‌ازعهدهٔ آدمیزادبرمی‌آید، این است‌که افزارهای نجومی‌را تاثالثه تقسیم‌کنند ، و این یکی هم کمتر درست درمی‌آید. پس شک نیست که‌آنچه ازمقدار این‌قوس درآلت اندازه‌گیری موجوداست این اجزاء [درجات و دقایق وغیره] نیست و از آنها چنان دوعدد به‌دست نمی‌آید و دریافت حسّی آنها ممکن نیست . و اینکه اجزاء را به‌تقریب ذکرکرده‌است خود برآنچه‌گفتیم دلیل است .

و بَطْلَمْیوس در مقالهٔ اوّل از مَجِسْطی نوشته است که مدّت چندسال با

۱ـ مقصود حل‌معادلهٔ $\frac{X}{٣٦٠} = \frac{١١}{٨٣}$ است‌که به‌صورت‌اربعهٔ‌متناسبه(تناسب)است و اولی و دومی و سومی (X) و چهارمی چهار جزء این تناسب .

۲ـ در تقسیم ثامنه‌ها صفر نمی‌شود و درارقامی‌که ذکر شده سادسه و سابعه درست نیست. اشتباه‌کردن درارقام بیمعنی‌که درمحاسبه محلی‌ندارد، چیزی نیست که جای ایرادی بر استاد بزرگی چون بیرونی باقی بگذارد .

حلقه‌ای که در سطح نصف‌النّهار بر گرد محوری نصب کرده بوده است که در داخل آن دوران می‌کرده ، و در سطح آن حلقهٔ دیگری با دونشانه‌گیر (هَدَفه) دردوسر یکی از قطرهای آن قرار داشته، و نیز با ربع دایره‌ای که بریک خِشتَک (لِبنَه [1]) ساخته و در سطح نصف‌النّهار گذارده بوده که مرکز آن پایهٔ شاخصِ نصب شدهٔ برگوشهٔ زبرین جنوبی خشتک بوده‌است، رصد کرده‌ودرهمه حالات [فاصلهٔ خورشید را درمیان دوانقلاب] چهل‌وهفت جزء وکسری بیش از دوثلث وکمتر از سه ربع جزء یافته است ؛ و شاید منظورش از این شکل بیان آن بوده است که چیزی را به‌دست آورد که اَراطِسْتانِس گفته و اِبَرْخُس برآن توافق کرده بوده است . و ازآن‌جهت چنین گفته است که رسم در چنین تفاوتی که دوحدّ بیشترین وکمترین آن دردست‌است این است که میانگین آنها را بگیرند ، و این میانگین ، بنا برآنچه بطلمیوس گفته ، ۷۸
″۳۰ ′۴۲ °۴۷ است که‌نیمهٔ آن‌می‌شود ″۱۵ ′۵۱ °۲۳ . ولی بطلمیوس‌درجدولهای‌میل خود ″۲۰ ′۵۱ °۲۳ را آورده است تا باگفتهٔ اِبَرْخُس و اَراطِسْتانِس موافق‌باشد، چه اگر در اندازه‌ای‌که آنان داده‌اند ثالثه‌ها جبران شود [2] ، میل همین اندازه خواهد شد .

و خبر رصد کردن کس دیگری پس از بطلمیوس تا روزگار مأمون امیر مؤمنان به ما نرسیده است . وی به یحیی بن ابی منصور فرمان داد تا این اندازه‌گیری را تجدید کند واودرشَمّاسیّهٔ بغداد چنین کرد . و بنابرمشهوراندازه‌ای که یحیی برای میل اعظم یافت ، صد وپنجاه‌وهفت جزءِ از دوهزاروچهارصدجزءِ تمام دایره بود که می‌شود

۱- برای‌شرح خشتک‌وهدفه رجوع شود به‌کتاب **التفهیم لاوائل صناعة التنجیم** بیرونی ، چاپ استاد جلال‌الدین همائی ، ص ۲۸۸ .

۲ - یعنی ۳۱ ثالثه که بیش ازنصف یک ثانیه‌است ، یک ثانیه حساب شود وبرجمع ثانیه‌ها افزوده شود .

"۳۳ °۲۳ ، و جداول را در زیج خود برروی همین مقدارساخت . وخوارزمی ازاوچنین نقل کرده وگفته است که خود دراندازه‌گیری حاضر بوده‌است. در این اندازه‌گیری، بزرگترین ارتفاع ′٦ °۷۹ و کوچکترین ارتفاع ′۰ °۳۲ به‌دست آمد که تفاضل آن دو می‌شود ′٦ °٤۷ و نیمهٔ آن ″۳۳′۳۳ °۲۳ . و این اندازه‌گیری به‌سال دویست و سیزده هجری مطابق با صدونودوهفت یزدگردی صورت گرفت ، و یحیی‌بن ابی‌منصور پیش‌از رفتن مأمون به سرزمین روم از دنیا رفت .

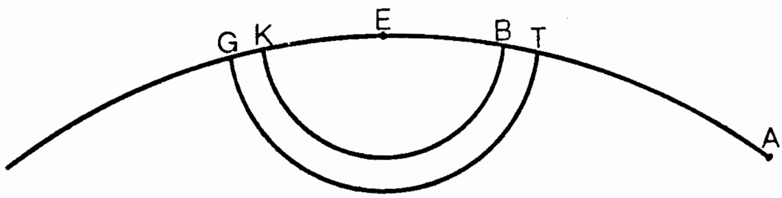
و چون در سال دویست‌وچهارده هجری و صدونود و هشت یزدگردی اندازهٔ
۷۹ بزرگترین ارتفاع در شمّاسیّه ′۸ °۸۰ وکوچکترین آن ′۵۸ °۳۲ درآمد، اندازهٔ میل بنابرنصف تفاضل میان این دوبرابر با دویست‌وهشتادوسه جزءِ ازچهارهزارو سیصدو بیست جزءِ تمام دایره شد که می‌شود ′۳۵ °۲۳ . و چون چنین شد ، مأمون رصد اوّل را رد کرد و تباه دانست، و این نه برای اختلافی بود که دراندازهٔ میل پیش‌آمده بود، بلکه به‌سبب زیادی تفاوت میان دو ارتفاع بود .

سپس مأمون به‌خالدبن‌عبدالملک مَرْوَروذی فرمان داد که دردمشق رصد کند؛ وی در کوه دَیْرِمُرّان خشتک بزرگی ساخت که درازی ضلع آن ده ذراع بود ، و بر محیط « ربع » آن که از رُخام بود ، نشانه‌گیر سوراخداری نهاد که بر این محیط قابل دوران بود و از سوراخ آن می‌توانستند خورشید و میخی را که بر مرکز ربع کوفته بود نشانه‌گیری کنند و ببینند . با این اسباب یک سال پیاپی رصدکرد که پاره‌ای ازآن در سال دویست‌وشانزده هجری بود و پارهٔ دیگرش در سال دویست‌وهفده هجری :

و امّا آنچه از وی در بارهٔ میل نقل کرده‌اند اینکه کوچکترین ارتفاع‌را درسال دویست‌وشانزده برابر با ′٥٦ °۳۲ و بزرگترین ارتفاع را در سال دویست‌وهفده‌برابر با″۵۵ ′۳ °۸۰ ، و در سال دویست‌و هجده کمترین ارتفاع را ′۵۵ °۳۲ یافت ، و این

آخری مورد اعتماد نیست چه مدّت رصد تقریباً یک سال بود [نه تحقیقاً] . اندازهٔ
۸۰ میل ، از مقایسهٔ اوّلی با دومی می‌شود ‴۳۰ ″۵۷ ′۳۳ °۲۳ ، وازمقایسهٔ دومی باسومی، ‴۳۰ ″۲۷ ′۳٤ °۲۳ که ، به‌همان دلیل که گفتم نادرست است ، و نیز به این دلیل که سَنَدبن علی که براندازه‌گیری خالدنظارت داشته، گفته است که میل‌را ″۵۲ ′۳۳ °۲۳ یافته است که با آنچه از مقایسهٔ اوّلی و دومی به‌دست می‌آید [بیشتر] مطابق است ، وشاید که ثانیه‌ها در اینجا هم مانند آنجا پنجاه‌وهفت بوده و در نسخه‌ها تصحیف شده است . وجدولهایی به‌دست من‌افتاد که درآن ارتفاعات خورشید با رصد خالد بردایرهٔ نصف النّهار دمشق نوشته شده بود و دلالت برآن داشت که دوانقلاب بر نیمروزها اتّفاق نیفتاده بوده است . و دلیل آن این است که بزرگترین ارتفاع درنیمروز دوشنبهٔ دهم جمادی‌الاولی از سال دویست و هفده هجری مطابق با بادروز (بیست و دوم) از اردیبهشت‌ماه سال دویست‌ویک یزدگردی ، برابر با ″۳۰ ′٤ °۸۰ ، و درروزیکشنبهٔ پیش‌ازآن ″۱۰ ′٤ °۸۰ و در روز سه‌شنبهٔ پس از آن ″۲۸ ′٤ °۸۰ بوده است .

فرض کنیم دوقوس AB و BG [شکل۹] از فلک‌البروج برابر بایکدیگر، و A



[شکل ۹]

نقطه‌ای‌باشد که ارتفاع آن روزیکشنبه اندازه‌گرفته شده ، و B نقطهٔ تعیین ارتفاع روز دوشنبه ، و G نقطهٔ تعیین ارتفاع روزسه‌شنبه باشد . آشکاراست که ارتفاعB بزرگترین
۸۱ سه ارتفاع است که یا خود نقطهٔ منقلب است یا به این نقطه از A و G نزدیکتراست .
ولی اگر B نقطهٔ منقلب باشد ، چون دونقطهٔ A و G چنانکه مشهود است از آن فاصله‌های برابر دارند ، ناگزیر باید ارتفاع A مساوی ارتفاع G باشد . امّا ، چنانکه

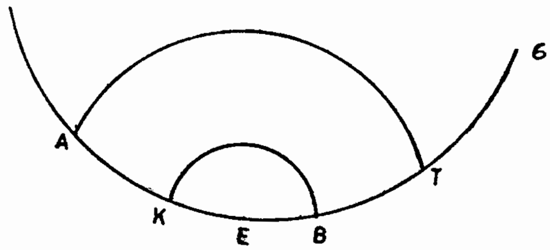
دیدیم ، این دو با یکدیگر برابر نیستند و بنابراین نقطهٔ B نقطهٔ منقلب نخواهد بود ؛ و چون منقلب صیفی بوده است ، آنچه به‌آن نزدیکتر باشد از آنچه از آن دورتر باشد ارتفاعش بیشتر خواهد بود . و ارتفاع نقطهٔ G از ارتفاع نقطهٔ A بیشتر است ، پس G از A به منقلب نزدیکتر است ، و به‌همین ترتیب B از A به منقلب نزدیکترخواهدبود؛ پس نقطهٔ منقلب میان B و G واقع می‌شود که فرض می‌کنیم نقطهٔ E بوده باشد .

به مرکز E و با دوشعاع EB و EG ، دو دایرهٔ BK و GT را رسم می‌کنیم ؛ آشکاراست که میل نقطهٔ T مساوی با میل نقطهٔ G ، و بنابرآن ارتفاع نیمروزی آنها برابر با یکدیگر است . و بنابرآنچه در بیشتر زیجها به‌آن عمل می‌شود ـ هرچند تقریبی و برای آسان کردن کار است ـ نسبت میان تفاضل دو ارتفاع T و A یعنی ۰° ۰′ ۱۸″ به تفاصل میان دوارتفاع B و A یعنی ۰° ۰′ ۲۰″ ، همچون نسبت AT به AB است .

AB مسیر پدیدار خورشید میان نیمروزهای یکشنبه و دوشنبه است ، و دوری این‌قوس در وقت رصد ازاوج هشت درجه‌است ، پس‌اندازهٔ آن می‌شود ۰° ۵۶′ ۵۸″ ۴۸‴ ؛ و بنابرآن قوس AT می‌شود ۰° ۵۱′ ۱۶″ ۵۵‴ . ولی AB با BG مساوی فرض شده بود ، TB نیز با KG برابراست ، و درنتیجه دوقوس AT و BK با یکدیگر مساوی ۸۲
می‌شود . پس حاصل جمع نصف BK با AB ، یعنی AE ، برابر خواهد شد با ۱° ۲۲′ ۳۷″ ۱۵‴ ۳۰^IV . و نسبت AB به AE برابر است با نسبت تفاضل میان دوارتفاع A و B به‌تفاضل میان دوارتفاع A و E ، که بنابرآن تفاضل میان دوارتفاع A و E برابر با ۰° ۰′ ۲۹″ می‌شود . وچون این مقدار را بر ارتفاع یکشنبه بیفزاییم ، ۸۰° ۴′ ۳۹″ بزرگترین ارتفاع خورشید در دمشق به‌دست می‌آید .

و امّا کوچکترین ارتفاع خورشید دردمشق درآن جدولها برای نیمروز سه‌شنبهٔ بیستم ذوالقعدهٔ سال دویست‌وهفده هجری مطابق با دین روز (بیست‌وپنجم) آبان ماه سال دویست‌ویک ایرانیان ، برابر با ۳۲° ۵۴′ ۵۸″ ، و در نیمروز دوشنبهٔ پیش‌ازآن ۳۲° ۵۵′ ۰″ و در نیمروز چهارشنبهٔ پس از آن ۳۲° ۵۵′ ۲۸″ نوشته شده است.

فرض کنیم نقطهٔ A از فلک‌البروج نقطهٔ روز دوشنبه ونقطهٔ B از روز سه‌شنبه و نقطهٔ G از روز چهارشنبه باشد [شکل ۱۰] . به‌همان‌گونه که در بحث اوّل گفتیم ، لازم است که نقطهٔ منقلب E میان A و B بوده باشد . پس نسبت تفاضل میان دوارتفاع ۸۳
نقطه‌های G و T که ۰° ۰′ ۲۸″ است ، به‌تفاضل میان دوارتفاع نقطه‌های G و B که ۰° ۰′ ۳۰″ است ، برابر است با نسبت GT به GB . ولی GB از نظیر اوج [یعنی حضیض] در وقت رصد نه درجه فاصله دارد ، و بنابر آن GB که گذرگاه خورشید



[شکل ۱۰]

میان نیمروزهای سه‌شنبه وچهارشنبه است ، برابر با ۱° ۱′ ۲۷″ ۳٦‴ می‌شود ؛ و به همین‌جهت GT مساوی ۰° ٥۷′ ۲۱″ ٤٦‴ خواهدشد. وچون TG با KB برابراست، اگر BG رابانصف TG جمع کنیم، GE مساوی ۱° ۳۰′ ۸″ ۲۹‴ به‌دست خواهدآمد. و نسبت GB به GE برابراست بانسبت میان‌تفاضل دوارتفاع G و B یعنی ۰° ۰′ ۳۰″ به تفاضل میان دو ارتفاع G و E . پس تفاضل میان دو ارتفاع G و E می شود ۰° ۰′ ٤٤″. ولی‌ارتفاع E کوچکترین‌ارتفاعات‌است، پس‌چون‌آن‌تفاضل به‌دست آمده‌را از ارتفاع G بکاهیم ، ۳۲° ٥٤′ ٤٤″ باقی‌می‌ماند که همان ارتفاع‌منقلب شتوی‌دردمشق است . بنابراین میل اعظم از روی دوارتفاع برابر با ۲۳° ۳٤′ ٥۷′ ۳۰″ خواهد بود ؛

و مردمان تا این حد دقّت نمی‌کنند ، و به‌همین‌جهت میل اعظم که از روی آن ۸٤
جداول‌را بیرون می‌آورند، ۲۳° ۳٤′ ٥۱″ می‌شود ، چه بزرگترین قوس در آن جداول ۸۰° ٤′ ۳۰″ و کوچکترین قوس ۳۲° ٥٤′ ٤۸″ است که نصف تفاضل آنها میل‌اعظم‌را همین اندازه نشان می‌دهد .

و امّا محمّد و احمد ، پسران موسی بن شاکر ، بلندترین ارتفاع را در سُرَّ مَنْ رَأی رصد کردند و آن را در نیمروز پنجشنبه بیستم صفر سال دویست‌وچهل‌وسه هجری برابر با $79° 22'$ یافتند ؛ و کوچکترین ارتفاع را در نیمروز پنجشنبهٔ بیست و پنجم شعبان سال دویست‌وچهل‌وسه مطابق با اَنیران روز (سی‌ام) از آبان‌ماه سال دویست‌و بیست‌وشش یزدگردی ، برابر با $32° 13'$ به‌دست آوردند - و در نیمروز یکشنبهٔ هفدهم رمضان سال دویست‌وچهل‌وپنج هجری برابر با اَهَنود روز (اوّل) از روزهای اضافی سال دویست‌وبیست‌وهشت یزدگردی نیز کمترین ارتفاع را همین مقدار $32° 13'$ یافتند - که تفاوت میان این دو ارتفاع می‌شود $47° 9'$ و نصف آن $23° 34' 30''$ میل اعظم است .

سپس در بغداد و در خانهٔ خود بر سر پل بغداد - بنابه گفتهٔ ابوالعبّاس نیریزی و ابوجعفر خازِن در تفسیری که بر مقالهٔ اول **مجسطی** نوشته‌اند - خورشید را رصد کردند و کوچکترین ارتفاع آن را روز پنجشنبهٔ بیست‌وهفتم ذوالحجّهٔ سال دویست و پنجاه‌و ۸۰
چهار هجری مطابق با اِسفَندمُذ روز (سوم) از روزهای اضافی سال دویست‌وسی‌وهفت یزدگردی ، با استفادهٔ از هردوحلقه [در آلت رصد] ، برابر با $33° 5'$ یافتند ؛ و بزرگترین ارتفاع را در همین‌جا به روز آدینهٔ چهارم رجب سال دویست و پنجاه و پنج هجری مطابق با هُرْمَزْد روز (اوّل) خرداد ماه سال دویست‌وسی‌وهشت یزدگردی ، برابر با $80° 15'$ به‌دست آوردند . تفاوت میان این دو $47° 10'$ و نیمهٔ آن یعنی $23° 35'$ میل اعظم است .

و پس از ایشان محمّد بن جابر حَرّانی ، معروف به اَلبَتّانی ، بلندترین ارتفاع را در شهر رَقّه با خشتک معروف که به آن بازویی (عِضادَه‌ای[1]) افزوده بود رصد کرد و نزدیکترین فاصلهٔ سمت الرّأس خورشید را $12° 26'$ و دورترین فاصلهٔ آن را از سمت الرّأس $59° 36'$ یافت . تفاوت میان این‌دو $47° 10'$ است که نیمهٔ آن یعنی

۱- برای شرح عضاده رجوع کنید به **التفهیم** ، ص ۲۸۰ .

٢٣° ٣٥′ همان میل اعظم است . و گفته است که این رصد را چند سال تکرار کرده و در همهٔ اندازه‌گیریها به همین نتیجه رسیده است . تاریخی برای آن معیّن نکرده است ، ولی ما می‌دانیم که رصدهای وی میان سالهای هزارونودویک و هزارونودوچهار پس از اسکندر بوده است که با سالهای میان دویست‌وشصت و هفت و دویست و هفتاد هجری مطابق می‌شود .

سپس سلیمان بن عصمت سمرقندی در باخ باخشتک عِضاده‌داری رصد کرد که
قطر آن هشت ذراع بود ، و کوچکترین ارتفاع را ٢٩° ٤٦′ یافت . و انقلاب درست ٨٦
در نصف‌النّهار صورت نگرفته بود و به‌همین‌جهت نتیجه را به نصف‌النّهار انتقال داد که ٢٩° ٤٤′ ٤٤″ شدو با اختلاف منظر آن‌را تعدیل کرد که ٢٩° ٤٧′ ١٧″ ٦‴ به‌دست آمد ؛ و این رصد در روز دوشنبهٔ هفتم شعبان سال دویست‌وهفتادوپنج هجری مطابق با هُرْمَزْد روز (اوّل) از آذرماه سال دویست‌وپنجاه‌وهفت یزدگردی صورت پذیرفت.

و نیز بزرگترین ارتفاع‌را درنیمروزسه‌شنبهٔ چهاردهم محرّم سال دویست‌وهفتادو شش هجری مطابق با خرداذ روز (ششم) از خرداذماه سال دویست و پنجاه و هشت یزدگردی برابر با ٧٦° ٥٤′ یافت و چون انقلاب پس از نیمروز اتّفاق افتاده بود نتیجه را به‌نصف‌النّهارمنتقل کرد و اندازهٔ آن ٧٦° ٥٤′ ٤″ و باتعدیل به‌اختلاف‌منظر ٧٦° ٥٤′ ٤١″ ٢٣‴ شد . پس ، اگر چنانکه مرسوم است ، ارتفاعات نیمروزها را درنظر بگیریم ، اندازهٔ میل می‌شود ٢٣° ٣٤′ ، و اگر دوارتفاع دومنقلب را به کار بریم ، می‌شود ٢٣° ٣٤′ ٤٠″ ، و اگر تعدیل به‌اختلاف‌منظررا نیز درنظر بگیریم ، میل کلّی ٢٣° ٣٣′ ٤٢″ ٨‴ ٣٠^{IV} به‌دست می‌آید .

ودر بعضی از حکایات آمده است که منصور بن طَلْحَه میل را رصد کرد و آن‌را ٢٣° ٣٣′ یافت ، ودربعضی دیگر اندازهٔ آن ٢٣° ٣٤′ ٤٤″ ٣٠‴ آمده‌است ، و این داستان چندان درست نیست که بتوان به‌آن اعتمادکرد . و این مرد دانشمند از بازماندگان فرمانروایان طاهری در خراسان بود که ازدانشهای ریاضی وآنچه وابستهٔ

۸۷ به‌آن است بهرهٔ فراوان داشت، وبه‌روزگار او رصد سلیمان بن‌عصمت صورت گرفت، و ممکن است که وی نخست میل‌را که یحیی بن ابی منصور یافته بود به‌کار می‌برده‌است و سپس به‌آنچه سلیمان یافته بود پرداخته، و چون کسی بر او ایراد می‌گرفته، کار خود را نتیجهٔ رصد به‌حساب می‌آورده وشنونده چنان می‌پنداشته است که خود منصور رصدکرده بوده است. و این احتمال ازآن‌رو می‌رودکه منصور به‌اندازه‌گیری طول و عرض شهرهای خراسان می‌پرداخته و آنها را اصلاح می‌کرده وباحکایاتی این‌کارخود را جاودانی می‌ساخته است. با این همه، اگر روایت درستی پیدا شود، دورنیست که خود وی نیز میل [اعظم] را اندازه‌گرفته باشد.

و در مقالهٔ دوم ازکتاب منصور به‌نام **فی‌الابانة عن‌الفلک** آمده است که میل [اعظم] بیست‌وسه جزء است و سی‌وچهار دقیقه وچند ثانیه، بنابرآنچه خودآزموده‌ایم. و چنان به‌ذهن خطور می‌کندکه این ثانیه‌ها کمتر از سی باشد، چه اگر بیش ازاین بود آن‌را کامل‌می‌کرد [و یک دقیقه بردقایق می‌افزود]؛ و این‌گفته هیچ دلیل‌آن‌نمی‌شود که خود منصور به‌تنهایی و بی‌دستیاری سلیمان به‌این‌کار برخاسته باشد.

و در بعضی ازحکایات آمده است که منتهای ارتفاع [خورشید] در مرو رصد شد و اندازهٔ آن ′۵۲ °۷۵ به‌دست آمد، وکمترین ارتفاع با رصد برابر با ′٤٦ °۲۸ معلوم شدکه نصف تفاوت میان این دو یعنی ′۳۳ °۲۳ همان میل [اعظم] است. سپس در همانجا آمده است که ارتفاع معدّل‌النّهار چندین بار درمرو اندازه‌گرفته شده وبرابر با ′۲۰ °۵۲ به‌دست آمده‌که بنابرآن عرض این شهر ′٤۰ °۳۷ می‌شود. چون ارتفاع معدّل‌النّهار را بابزرگترین ارتفاع [خورشید] بسنجیم، میل برابر با ′۳۲ °۲۳ می‌شود،
۸۸ و چون‌باکوچکترین ارتفاع بسنجیم، اندازهٔ میل ′۳٤ °۲۳ درمی‌آید. ودراین‌حکایت از هیچ تاریخ و نامی یاد نشده است. و چون مرو جایگاه منصور وفرمانروایی اوبوده، می‌توان چنان گمان بردکه آن‌کس که به‌این‌کار برخاسته همو بوده است.

و محمّد بن علی مکّی درکتاب **المدخل الی صناعة الاحکام** آورده است که

متأخّران منتهای ارتفاع را در اقلیم چهارم اندازه گرفته وآن را ۷۸° ۸′ و میل را ۲۳° ۳٤′ یافته‌اند . و از کتاب وی ، **فی استدارة السّماء والارض** ، آشکار می‌شود که روزگار وی بر روزگار رصد سلیمان چهل‌وچند سال پیشی داشته است . و عرض اقلیم چهارم ، بنابرگفتهٔ او ، لازم‌است برابر با ۳۵° ۲٦′ بوده باشد . و می‌دانیم که منصور جز در نیشابور وآنچه در شمال آن تا مرو و خوارزم واقع می‌شود رصد نکرده‌است ، چه تنها به‌این نواحی آمدوشد داشته‌است ، و عرضهای این نقاط برمقداری که ذکرشد فزونی دارد . ولی‌اگر زمان وی [مکّی] نزدیکتر می‌بود و بر روزگاردولت دیلمیان‌پیشی نداشت ، این شبهه دست می‌داد که مقصود وی رصد ابوالفضل بن عَمید بوده است ، چه وی فرمان داد تا خشتکی در ری بسازند و مقیاسی برآن نصب کرد که قطر قاعدهٔ آن سه‌انگشت به هم چسبیده بود و سایهٔ آن را با نخی که آن را نصف می‌کرد رصد می‌کردند .

و در آن [ری] ابوالفضل هَرَوی ، با حضور ابوجعفرخازن ، ارتفاع خورشید را در نیمروز چهارشنبهٔ دوازدهم ربیع الآخر سال سیصدوچهل‌وهشت هجری مطابق با زامیاذ روز (بیست‌وهشتم) از خرداذ ماه سال سیصدوبیست‌وهشت یزدگردی رصد ۸۹
کرد و اندازهٔ آن را ۷۸° ۳′ یافت ، و روز پنجشنبهٔ مارِسْفَند روز اندکی کمتر از ۷۸° ٥′ ، و روز جمعهٔ اَنیران روز ۷۸° ٦′ ، وروز شنبهٔ هرمز روز از تیرماه ۷۸° ٦′ اندکی کمتر ، و روز یکشنبهٔ بهمن روز ۷۸° ٥′ اندازهٔ ارتفاع به‌دست آمد . سپس در همان‌جا ارتفاع خورشید را در نیمروز جمعهٔ بیست‌ویکم شوّال سال سیصد و چهل و نه هجری مطابق با فروردین روز ازآذرماه سال سیصدوبیست‌وهشت یزدگردی رصدکرد و ۳۰° ٤۷′ یافت ، و روز یکشنبهٔ رام روز اندکی بیش از ۳۰° ٤٦′ . ازاین‌راه‌فاصلهٔ میان دومُنْقَلَب ٤۷° ۲۰′ به‌دست آمدکه نیمهٔ آن ۲۳° ٤۰′ میل [اعظم] است : ارتفاع خورشید درآغاز حَمَل درری [یعنی ارتفاع معدّل‌النّهارنسبت به‌افق این‌شهر] ٥٤° ۲٦′ است‌وعرض ری ۳٥° ۳٤′ . وگواه بر درستی عرض ری ، رصد ابومحمود

است که ذکر آن ، برای نگاهداشت ترتیب تاریخی ، پس از این خواهد آمد . ولی اندازهٔ میل [اعظم] چندان از آنچه همه برآنند به‌دور است که به‌گوش سنگین می‌نماید و با آنچه ابومحمود برای میل یافته است سخت تفاوت دارد .

و پس از آن به فرمان عضدالدّوله در شیراز میل را با حلقه‌ای که قطر درونی آن دوذراع‌ونیم یعنی پنج وجب بود رصد کردند ، و آن حلقه به تقسیماتی هریک برابر با پنج دقیقه تقسیم [مدرّج] شده بود . این کار به‌دست ابوالحسین عبدالرّحمان بن عُمَر صوفی
۹۰ و با حضور گروهی از دانشمندان و از جمله اَبوسَهْل ویجَن [بیژن] بن رستم کوهی و احمد بن محمّد بن عبدالجلیل سَجْزی ونَظیف بن یُمْن یونانی وابوالقاسم غلام ِ زُحَل و مانندان ایشان صورت گرفت .

ارتفاع منقلب شتوی را روز چهارشنبه دوم صفر سال سیصد و پنجاه و نه هجری مطابق با بادروز (بیست‌ودوم) از آذرماه سال سیصدوسی‌وهشت ایرانی رصد کردند و آن‌را ′۵۰ °۳٦ یافتند، وروز پنجشنبهٔ دَیْبَذین روز ′٤۹ °۳٦ ، و روز جمعهٔ دین‌روز ′۵۰ °۳٦ ، و نیز روز جمعهٔ دَیْبَذین روز (بیست‌وسوم) از آذرماه سال سیصدوسی‌ونه یزدگردی همین اندازه را یافتند .

سپس ارتفاع را برای یافتن منقلب صیفی روز پنجشنبه هشتم شعبان سال سیصدو پنجاه‌ونه هجری مطابق با آرَد روز (بیست‌وپنجم) از خردادماه سال سیصد و سی و نه یزدگردی رصد کردند و آن‌را ′۵۹ °۸۳ اندکی کمتر به‌دست آوردند ، وروزجمعهٔ اَشتاذ روز ′۵۹ °۸۳ ، و روز شنبهٔ آسمان روز ′۵۹ °۸۳ اندکی کمتر . تفاوت میان ′۵۹ °۸۳ و ′٤۹ °۳٦ برابر با ′۱۰ °٤۷ است و نصف آن یعنی ′۳۵ °۲۳ میل اعظم .

و ابوالوَفاء درمجسطی خود نوشته است که سالهای فراوان میل اعظم را رصد کرده و آن‌را ′۳۵ °۲۳ یافته ، و چیزی براین گفته نیفزوده است . و می‌دانیم که بیشتر رصدهای او به روزگار عزّالدّوله و در بابُ التِّبْن بغداد وهمهٔ آنها درسالهای سیصدو
۹۱ شصت‌وپنج و سیصدوشصت‌وشش هجری مطابق با سالهای سیصدوچهل‌وپنج وسیصدو

چهل وشش یزدگردی صورت گرفته بوده است . و نیز از **مجسطی** او می‌دانیم که عرض بغداد را ′۲۵ °۳۳ یافته بوده ، پس ناگزیر می‌دانیم که بیشترین ارتفاع را در این شهر ′۱۰ °۸۰ وکمترین ارتفاع را ′۰ °۳۳ به‌دست آورده بوده است .

و ابوحامد صَغانی (چَغانی) درکتاب **قوانین علم الهیئه** آورده است که باحلقه‌ای به‌قطر شش‌وجب و تقسیم شدهٔ به تقسیمات پنج‌دقیقه‌ای ، در بِرکهٔ زَلْزَل واقع در مغرب بغداد ، رصدکرده و میل کلّی خورشیدرا ′۳۵ °۲۳ وعرض بغدادرا ′۲۰ °۳۳ یافته است . و این رصد درسال سیصدوهفتادوچهارهجری مطابق باسیصدوپنجاه‌وچهار ایرانیان صورت‌گرفت ، وازاینجا معلوم‌می‌شودکه وی بزرگترین وکوچکترین ارتفاع را همان اندازه به‌دست آورده است که پسران موسی یافته بودند.

و شرف‌الدّوله به ابوسهل کوهی فرمان داد تا رصد را تجدید کند . پس وی در بغداد اطاقی ساخت که قاعدهٔ آن قطعهٔ کره‌ای به‌قطر بیست‌وپنج ذراع بود و مرکز این کره سوراخی برآسمانهٔ اطاق ، که ازآن شعاع خورشید به درون اطاق می‌تابید و مدارهای روزانهٔ خورشید را رسم می‌کرد . و نَظیف بن یُمْن درنامه‌ای به‌من نوشت که مُنْقَلَب صیفی در پایان ساعت نخستین از شبی اتّفاق افتادکه فردای‌آن روز شنبهٔ بیست وهشتم صفر سال سیصدوهفتادوهشت هجری مطابق با انیران روز (سی‌ام) از خردادماه‌سال‌سیصدوپنجاه‌وهفت یزدگردی بود وارتفاع سَرِ سرطان (رأس‌السّرطان) ′۱۰ °۸۰ . و در پی این‌گفته چیزی آورده است که تولید شکّ و شبهه می‌کند ، وآن ۹۲
این‌گفتهٔ او است که : پس از رسیدگی معلوم شد که میل اعظم درست همان اندازهٔ ″۲۰ ′۵۱ °۲۳ است که بَطْلَمْیوس یافته بوده است ، وعرض شهر ″۲۰ ′۴۱ °۲۳ .

و روا نیست که خرده‌های میل ، در همهٔ رصدهایی که نزدیک زمان ابوسهل و دور ازآن صورت‌گرفته ، برگرد نصف‌وربع [درجه] دور زند ، و سپس درآن‌این‌اندازه تفاوت پیدا شود که نمی‌توان آن‌را ، همان‌گونه که ابراهیم‌بن سِنان و ابوجعفر خازن تصوّرکرده‌اند ، نتیجهٔ حرکت دوقطب فلک‌البروج برگرد نقطه‌ای تصوّرکرد ، چه

آنگاه این حرکت صورت ناگهانی و بدون ترتیب پیدا می‌کند. باوجود این، رصدهای متأخّر گواه بر آن است که اندازهٔ میل افزایش پیدا نکرده است. وگمان ندارم که این گفته به رصدکردن انقلاب شتوی مربوط باشد، بلکه انقلاب صیفی را رصد کرده و نتیجهٔ آن با بعضی از رصدها که پیشتر ذکر آن گذشت مطابق درآمده است. سپس در یافتن عرض شهر راهی به‌کار برده و اتفاقاً عدد نامبرده به‌دست‌آمده است، وگرنه ارتفاع منقلب شتوی باید "۲۰ '۲۷ °۳۴ بوده باشد[۱]، وکمتر اتّفاق می‌افتد که باافزارها بتوان ثانیه‌هارا درست اندازه‌گرفت. با این همه، ازگزارش رصد ابوسهل جز آنچه گفتم چیزی به‌ما نرسیده، و شرف‌الدّوله پیش ازآن از دنیا رفت وکارناتمام ماند.

۹۳ و سپس ابومحمود حامِد بن خِضْر خُجَنْدی، به فرمان فخرالدّوله، درکوه طَبَرَك چسبیدهٔ به شهر ری، دو دیوار متوازی بر خطّ نصف النّهار به فاصلهٔ هفت ذراع از یکدیگر ساخت، و بر روی دودیوار طاق زدکه در میان آن سوراخ گردی به‌قطر یک وجب درآورده بود؛ و مرکز این سوراخ‌را مرکزسُدس دایره‌ای قرارداد که بر خطّ نصف‌النّهار میان دودیوار نهاده بود؛ سطح آن سدس با تخته و روی تخته با صفحهٔ برنجین پوشیده شده و محیط آن به‌سیصدو شصت قسمت تقسیم شده بود که هرقسمت نمایندهٔ ده ثانیه بود. خورشید از این سوراخ برسطح نصف‌النّهار می‌تابید. و ابومحمود چنبری به‌اندازهٔ نوری که بر زمین می‌افتاد ساخت که مرکز آن محلّ تقاطع آشکار دوقطر آن بود؛ این چنبر را بر محیط روشنی [آفتاب] می‌گذاشت و، از روی محلّ قرارگرفتن مرکز آن، فاصلهٔ میان خورشید و سمت‌الرّأس را به‌دست می‌آورد.

وآنچه من در اینجا می‌آورم، از روی مقالهٔ خود او است که در تصحیح میل نوشته است (**مقالة فی‌تصحیح‌المیل**). چون انقلاب صیفی را رصدکرد، ارتفاع آن‌را در نیمروز دو روز متوالی — یکی روز شنبهٔ پنجم جمادی‌الاولی از سال سیصدو هشتادو
۹۴ چهار هجری مطابق با هرمزد روز (اوّل) از تیرماه سال سیصدوشصت‌وسه یزدگردی،

۱- عبارت این چند سطر ناقص می‌نماید.

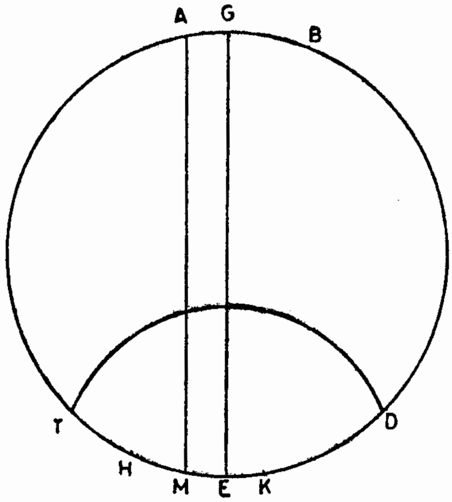
و دومی روز یکشنبهٔ بهمن روز (دوم) از تیرماه — برابر با "۴۰ ′۵۷ °۷۷ یافت ، و از اینجا چنین نتیجه گرفت که انقلاب در نیمه شب واقع میان این دوروز صورت گرفته بوده است .

سپس به انقلاب شتوی پرداخت ، ولی ابر مانع رصدکردن او شد ، جز اینکه ارتفاع خورشید را پیش از انقلاب در نیمروز جمعهٔ نهم ذوالقعدهٔ سال سیصدوهشتادو چهار هجری مطابق با آسمان روز (بیست‌وهفتم) از آذرماه سال سیصدو شصت و سهٔ یزدگردی برابر با "۳۵ ′۵۳ °۳۰ ، و پس از انقلاب در نیمروز دوشنبهٔ انیران روز (سی‌ام) از آذرماه برابر با "۳۲ ′۵۳ °۳۰ به دست آورد ، و از این راه نیز استدلال کرد که انقلاب اندکی پیش‌ازنصف شب قبل از روز یکشنبه صورت گرفته بوده‌است .

سپس بدان نیازمند شد که ارتفاع دومنقلب را معلوم کند ، و با اینکه تاآن‌زمان حرکات میانه و مختلف خورشید را به‌دست نیاورده بود ، این را دانست که آنچه در زیجهای متأخّران برای آنها آمده ، چنانکه با حسّ مشهود است با حقیقت مخالف نیست ، مخصوصاً اگر خواسته باشد آنها را در مورد قوسهای کوچک به‌کار برد . پس آهنگ انقلاب صیفی کرد که فاصلهٔ آن را از نیمروز شنبه دوازده ساعت یافته بود ، و حرکت خورشید در این‌جا ، بنا بر زیج بتّانی ، تقریباً "۳۶ ′۲۸ °۰ بود . سپس به ۹۵
انقلاب‌شتوی پرداخت وفاصلهٔ میان نیمروز جمعهٔ پیش‌ازآن را تاآن سی‌وشش‌ساعت یافت که اندازهٔ حرکت خورشید در این فاصله "۴۸ ′۳۱ °۱ بود .

فرض کنیم [شکل۱۱] دایرهٔ ABE فلک‌البروج‌ودونقطهٔ G و E دومُنْقَلَب، اوّلی صَیْفی ودومی‌شَتْوی ، بوده باشد . قطر GE را رسم می‌کنیم و چنان می‌گیریم که A نقطه‌ای باشد که ارتفاع آن در روز شنبه به‌دست آمده ، و B نقطهٔ روز یکشنبه که ، به‌علّت برابربودن ارتفاعهای‌آنها ، AG و GB در حسّ برابر یکدیگر می‌شود . وAG همان است که اندازهٔ آن "۳۶ ′۲۸ °۰ به‌دست آمده‌است . حال فرض کنیم که D آن باشد که ارتفاعش در روز جمعه ، و H آنکه ارتفاعش در روز دوشنبه به‌دست آمده

است؛ نقطهٔ میان H و D را پیدا می‌کنیم که K است، و چون ارتفاع H کمتر از ارتفاع D است ، پس H به‌منقلب نزدیکتر خواهد بود . و KH یعنی نصف DH برابر است با ″۴۸ ′۳۱ °۱ ؛ و تفاضل میان ارتفاعهای D و H سه ثانیه است که همان تفاضل میلهای آنها است . و چون میل در موضع H در یک سوی منقلب سه ثانیه اختلاف پیدا کند ، بنابرحرکتهای زیج نامبرده، خورشید به‌اندازهٔ پنج‌دقیقه حرکت کرده‌است.



[شکل ۱۱]

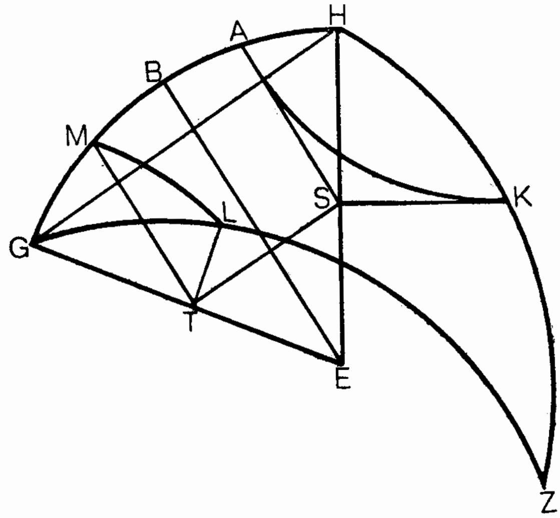
بر مرکز E و به‌شعاع ED دایرهٔ DT را رسم می‌کنیم ؛ T نقطه‌ای‌است که میل
۹۶ و ارتفاع و بعد آن از منقلب همانند نقطهٔ D است . پس تفاضل میان دو میل نقطه‌های H و T سه‌ثانیه می‌شود ، وقوس HT پنج دقیقه ؛ و چون این مقدار را بر KH افزود ″۴۸ ′۳۶ °۱ به‌دست‌آورد که اندازهٔ قوس KT است . وی این مقدار را دوری T از اول جدْی یعنی E گرفت ، و این درست نیست ؛ چه TE که مطلوب است، جزئی از KT است که با حساب به‌دست‌آمده‌است. ولی KE نصف TH است ، زیرا نسبت DE به DT که برابر با نسبت DK به DH است ، برابر با یک دوم است : پس می‌بایستی ، یا TH را بر دوبرابر HK بیفزاید و TKD را به‌دست بیاورد که نصف آن

درست بعد مطلوب ET است ، یا نصف TH را بر KH بیفزاید که باز همین نتیجه به‌دست می‌آید . و اگر چنین می‌کرد ، به‌جای ۱° ۳۶′ ۴۸″ ، اندازهٔ ۱° ۳۴′ ۱۸″ حاصل می‌شد .

و چون قوس ET را به‌آن اندازه [۱° ۳۶′ ۴۸″] گرفت ، تفاضل میان آن و AG مساوی ۱° ۸′ ۱۲″ شد؛ چه اگر AM را به‌موازات GE رسم‌کنیم، MT تفاوت میان AG و ET خواهد بود . و چون ارتفاع T برابر با ارتفاع D ، ، وقوس TM و نیز اختلاف میل دونقطهٔ T و M یعنی ۰° ۰′ ۳۲″ ۳۰‴ معلوم است ، این مقدار را از ارتفاع T یعنی ارتفاع D کاست و ۳۰° ۵۳′ ۲″ ۳۰‴ باقی ماند که ارتفاع نقطهٔ M است که دوری آن ازمنقلب شتوی E همچندِ دوری نقطهٔ A ازمنقلب صیفی G است.
ارتفاع M را کمترین ارتفاع تعدیل شده (مُعَدَّل) ، و ارتفاع A را بیشترین ارتفاع‌تعدیل ۹۷
شده نامید ، که تفاضل میان آنها ، بنا بر آنچه وی بیرون آورده است، عبارت‌شداز ۴۷° ۴′ ۳۷″ ۳۰‴ . ولی ، چنانکه گفتم، درمیان‌عمل اشتباه کرد، و اگرعمل وی با شکست روبه‌رو شد ، برای آن بود که کمترین ارتفاع تعدیل شده با اندازه‌ای که وی بیرون آورد اختلاف داشت ، هرچند این اختلاف به اندازه‌ای است که احساس نمی‌شود .

حال فرض کنیم HG قوسی از دایرهٔ نصف‌النّهار به‌اندازهٔ [دوبرابر] میل‌اعظم و E مرکز کره باشد [شکل۱۲] . HE و GH را وصل می‌کنیم و چنان می‌گیریم که H منقلب صیفی و G منقلب شتوی بوده باشد . از هریک از دونقطهٔ H و G دایرهٔ عظیمه‌ای بر دایرهٔ نصف‌النّهارعمود می‌کنیم ، پس ZH ازدایرة البروج‌است ومنقلب
صیفی ازآن بر H ، و نیز ZG از دایرةالبروج است و منقلب شتوی از آن بر G . وی ۹۸
[خُجَنْدی] ارتفاع دونقطهٔ با دوری برابر از H و G را به‌دست آورد که فرض می‌کنیم K و L بوده‌باشد ، وبنابرآن قوس HK باقوس GL برابر است . برقطب کلّ دو مدار KA و LM را می‌گذرانیم ، پس A گذرگاه نقطهٔ K و M گذرگاه نقطهٔ L بر

نصف النّهار خواهد بود ، و AM̄ فاصلهٔ میان دوارتفاع تعدیل شده . خطّ EB را بر نیمهٔ AM̄ که بر فصل مشترك سطح معدّل النّهار و دایرهٔ نصف النّهار واقع است می‌گذرانیم ، و AS و MT را به‌موازات آن رسم می‌کنیم . سپس KS و LT را می‌کشیم که به‌ترتیب بر دوخط HE و GE عمود خواهد بود ، چه بر فصل مشترکهای میان



[شکل ۱۲]

دوسطح HZ و KA ، و GZ و ML واقعند، واین سطوح برسطح دایرهٔ HG عمودند ، وبنابرآن فصل مشترکهاشان بر سطح این دایره وخطوطی‌که در آن واقع است عمود خواهد بود . بنابراین KS جیب [قوس] HK ، و SE جیب [قوس] ZK یعنی متمّم K̄H ، و LT جیب [قوس] GL و ET جیب [قوس] ZL ، یعنی متمّم LG ، و ST مساوی وتر AM̄ می‌شود ، که همهٔ اینها معلوم است . دومثلّث EST و EHG متشابهند و بنابرآن نسبت ES که جیب تمام دوری یکی از دونقطه از منقلب است ، به ST که وترمیان دوارتفاع تعدیل شده است ، همچون نسبت EH یعنی‌جیب کلّی [یاشعاع کره] ،
۹۹ به GH یعنی وتر دو برابر میل‌اعظم خواهد بود. به همین‌جهت وتر ST را که مساوی ″۲۶ ′۵۵ °۴۷است ، درجیب کلّی‌یعنی ۶۰ضرب کرد که‌نتیجه ′۲۶ °۲۸۷۵شدوآن‌را

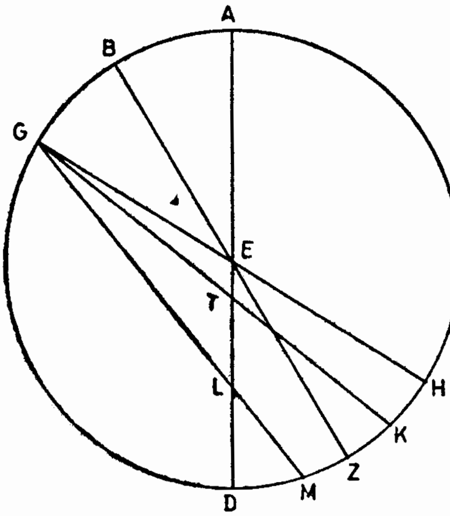
محفوظ داشت، و HK را که ۰° ۲۸′ ۳۶″ است از ۹۰° کاست که ۸۹° ۳۱′ ۲۴″ باقی ماند که همان KZ است و جیب آن ۵۹° ۵۹′ ۵۳″ ؛ از تقسیم کردن محفوظ سابق بر این مقدار، ۴۷° ۵۵′ ۳۱″ ۳۵‴ به‌دست‌آمد که نصف آن ۲۳° ۵۷′ ۴۵″ ۴۸‴ جیب میل اعظم HB است و قوس متناظر با آن ۲۳° ۳۲′ ۲۱″ .

و این سُدْسِ فَخْری ، از لحاظ بزرگی و درستی ، بر هرچه پیش و پس‌از آن به‌کار رفته ، برتری دارد ، چه ابومحمود در ساختن اُصْطُرْلابها و افزارهای دیگر یگانهٔ زمان بوده ، و شایسته چنان بوده‌است که اندازهٔ میلی که وی به‌دست‌آورده بود مورد عمل قرار گیرد و افزایش و کاهش میل اعظم با آن سنجیده شود، بدان جهت که وی ثانیه‌ها را نیز به‌درستی اندازه می‌گرفت ، تا چه رسد به‌دقیقه‌ها . چیزی که هست
۱۰۰ اینکه ، ابومحمود خود شفاهی به من از فسادی که در کار رصد از فروافتادن سوراخ سقف‌طاق‌به‌اندازهٔ یک وجب پیش‌آمده بود، واینکه چندان‌میلی برای تصحیح کردن اندازهٔ آن پیدا نکرده بود ، سخن گفت . وگواه بر این است کاستی اندازهٔ میلی که او یافته بود ازآنچه دیگران در نزدیکی زمان او یافتند و ذکرآن گذشت یا پس‌ازاین ذکر آن خواهد آمد .

اگر ABGD دایرهٔ نصف‌النّهار و E مرکز آن [شکل۱۳] و ، بر این دایره ، A سمت‌الرّأس و B گذرگاه منقلب صیفی و G گذرگاه منقلب شتوی باشد ، BG دو برابر میل [اعظم] خواهد بود . برفرض آنکه DH از دایره‌ای باشد که سدس فخری بر آن عمل کرده است ، E که مرکز سدس است سوراخ بالای طاق خواهد بود که جانشین حسّی مرکز کلّ است . شعاع صیفی از آن به‌صورت BEZ می‌گذرد ، و شعاع شتوی به‌صورت GEH ، و بنابراین ، از تشابه دوقوس BG و HZ ، HZ [دوبرابر] میل‌اعظم خواهد بود .

چون فرض کنیم که سوراخ ، همان‌گونه که ابومحمود یادآور شده است ، هنگام انقلاب شتوی به T فرو افتاده باشد ، شعاع شتوی به صورت GTK به این سوراخ

درمی‌آید و KZ یعنی دوبرابر میل‌یافته شده ازاندازهٔ حقیقی HZ آن کمتر می‌شود. وهرچه
فروافتادن سوراخ بیشتر باشد ، کاستی اندازهٔ میل افزونتر می‌شود ، تا آنجا که اگر ۱۰۱
فروافتادن بسیار شود ، امکان آن هست که شعاع شتویِ تباه شده درست برشعاع‌صیفی
بیفتد و میل نابود شود ، بلکه اگر از این حدّ بگذرد و به‌صورت شعاع GLM درآید
که از سوراخ L گذشته است ، DM متمّم ارتفاع شتوی از DZ متمّم ارتفاع صیفی
کمتر شود که خلاف آن است که هست .



[شکل ۱۳]

و به‌همین‌جهت است که باید شخص رصدکننده هشیار باشد و پیوسته درستی کار خود را بیازماید و برخود خرده‌گیرد و از خودپسندی بپرهیزد و برکوشش بیفزاید و از این‌کار خسته نشود .

و این آخرین رصد از رصدهای میل اعظم است که من از آن آگاهی یافته‌ام .

و امّا من ، با آزمندی فراوانی که به‌این‌کار داشتم ، وآن‌را از دیگر دانستنیها برتر می‌دانستم ، چنان است که‌گویی از پرداختن آن مرا باز داشته‌اند ، و از امکان و
قدرتی که در این‌باره داشتم سودی نبرده‌ام . آهنگ آن داشتم که در سالهای سیصدو ۱۰۲

هشتادوچهار و سیصدوهشتادوپنج هجری به‌رصدهایی بپردازم ، و برای این‌کار دایره‌ای به‌قطر پانزده‌ذراع باچیزهای بایسته‌ٔ دیگرفراهم‌کردم . ولی نتوانستم جزمنتهای‌ارتفاع‌را در روستایی بر مغرب جیحون و جنوب شهر خوارزم ، همراه با ارتفاع بی‌سمت ، رصد کنم ، که پیش از این هنگام بیرون‌آوردن عرض بلد ازاین‌دو ، در این باره سخن‌گفتم. و امّا میل‌که تفاضل میان بزرگترین ارتفاع (ارتفاع اعظم) ومتمّم عرض مکان‌است ، درآن هنگام ″۴۵ ′۳۵ °۲۳ به‌دست آمد .

و نیز در شکلی که پیش از این آوردم [شکل ٦ صفحهٔ ۵۳] و این دو ارتفاع درآن به‌کار رفته بود، از E عمودی [EN] بر TZ فرود می‌آوریم که برابر با جیب میل مدار می‌شود که در آن زمان مدار منقلب است ؛ و نسبت TW به WY برابر با نسبت YE به ZE و بنابراین ZE معلوم است ؛ و نسبت ZE به‌عمود وارد از E بر ZT [یعنی EN] برابر با نسبت TY به TW و بنابراین آن عمود معلوم است که همان جیب میل اعظم است .

و پس از آن روز چنان پریشانیهایی میان دومهتر خوارزم پیدا شد که من ناگزیر کار را فرو گذاشتم و در جایی پناه جستم و سپس امان خواستم و از وطن دور شدم . و ۱۰۳
پس از آن مدّت چند سال نتوانستم در یک‌جا بمانم تا آنگاه‌که روزگار آرامش خاطر بهرهٔ من کرد ، و به‌کارهایی از جهان پرداختم که نادانان در آن بر من رشک می‌بردند و خردمندان دلسوزی می‌نمودند .

سپس اندک آسایش خاطری برای رصد کردن در ایّام امیر شهید ابوالعبّاس خوارزمشاه ـ که خدا برهان او را روشن‌گرداند ـ فراهم آمد ، و بزرگترین‌ارتفاع را با ارتفاع بی سمت ، همان‌گونه که ازآن یادکردم ، برای بیرون‌آوردن عرض‌بلد به‌دست آوردم . وآن سال با بلا و پریشانی به‌پایان رسید ، و من چون سخت به‌کار مشغول‌بودم مدّت درازی از آن بیخبرماندم ؛ و در پی آن امنیّتی فراهم آمدکه برای بازگشت به حال اوّل و پرداختن به‌کاری‌که برای کسی چون من شایسته‌تر است بسنده نبود .

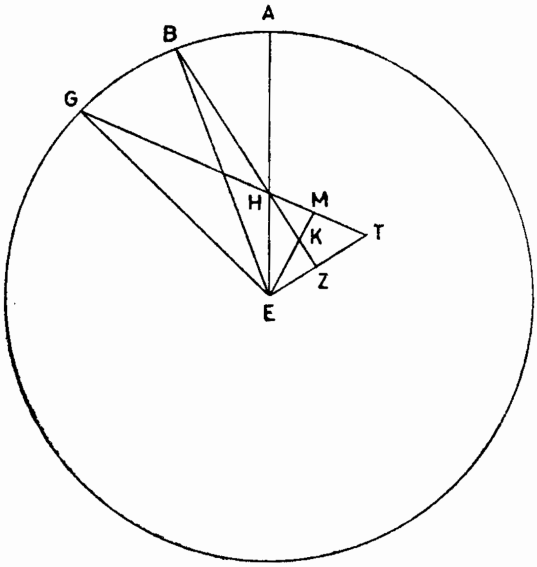
و امّا بزرگترین ارتفاع در جُرجانیّه ″۱۸ °۷۱ ، ومتمّم عرض همان‌گونه که در آن شکل گفتم ، ″۱۰ ′٤۲ °٤۷ به دست آمد ، که تفاضل میان این دو ، یعنی ″۵۰ ′۳۵ °۲۳ میل اعظم است . بر وجهی دیگر چنین توان گفت : WY را در YE ضرب می‌کنیم ، ٤٦٤،٦۳۵،۸۹۷،۸ رابعه به دست می‌آید ، که چون آن را بر TW تقسیم کنیم ، ZE برابر با ۱۱٦،۸۹۷ ثانیه حاصل می‌شود ؛ ولی چون نیازمندآن بودیم که ZE را درآنچه برآن قسمت کردیم ، یعنی TW ، ضرب کنیم وسپس نتیجه‌را بر TȲ
تقسیم کنیم ، برای‌اختصار ازتقسیم برTW چشم‌پوشیدیم وآنچه را ازضرب WȲ در YE ۱۰٤
به‌دست آمده ، برTY تقسیم کردیم که نتیجه ″۵ ′۱ °۲٤ اندازهٔ عمود فرود آمده از E بر ZT است وقوس متناظرآن ، یعنی ″۵۰ ′۳۵ °۲۳ ، میل اعظم .

سپس رصدکردن منتهای ارتفاع [خورشید] درمنقلب صیفی در غَزْنَه پیش‌آمد که اندازهٔ آن را در هریک ازدوسال [سیصدو] هشتادوهشت و [سیصدو] هشتادونه یزدگردی برابر با هشتاد درجه یافتم . و ارتفاع نیمروزی منقلب شتوی را در سال سیصدوهشتادوهشت یزدگردی سی‌ودودرجه و [پنج] سدس درآوردم که بنابرآن میل اعظم ′۳۵ °۲۳ می‌شود و عرض غزنه ′۳۵ °۳۳ ؛ و توفیق از خدا است .

وآنچه ازهندیان درزیج ایشان‌که به‌نام سِنْدْ هِنْد معروف‌است برای‌اندازهٔ میل آمده ، بیست‌وچهار درجهٔ تمام است . و هر کس کارهای ایشان را مطالعه کند ، آن را چنان دور از درستی می‌بیند که ادّعای دیگران را در بارهٔ رصدهای هندیان نمی‌پذیرد . ولی چون سرزمین هندیان بسیاردور است ، وکارهای خود را سخت پوشیده نگاه می‌دارند ، و از بازگو کردن کمترین دانشی که بویی از آن می‌برند بخل می‌ورزند ، و باوجود تهی‌بودن ایشان ازحکمت ، وبا وجودآسانی‌این‌گونه کارها برای پژوهندگان ، عامّهٔ مردمان‌آنان‌راخداوندان حکمت می‌دانند ، شمارهٔ کسانی که در بارهٔ‌آنان‌تعصّب می‌ورزند و به‌آنچه آشکار است توجّه ندارند و به‌برهان سنگی نمی‌نهند و از گزافگویی پروا ندارند ، بسیار است که در حقّ ایشان ادّعاها می‌کنند .

و از این‌گونه کسان است محمّد بن علی مکّی که در کتاب خود ، **المدخل الی احکام النّجوم فی المیل**، گفته‌است که‌این‌اختلاف بدان‌سبب‌است که‌هندیان رصدهای خود را نسبت به مرکز عالم می‌کنند ، درصورتیکه رصدهای دیگران نسبت به سطح زمین است . وکسانی‌که سخن او را شنیده‌اند ، بی‌آنکه این سخن را در بوتهٔ امتحان بریزند وآن‌را بپالایند ، به‌این شنیده‌بس کرده‌اند. و برمن‌است که‌این سخن‌را ازهرجهت نکوهش کنم ، با آنکه ازپذیرفتن سخن درست ازهرکانی‌که آن‌را یافته باشم خودداری نمی‌ورزم . ۱۰۵

فرض کنیم [شکل۱٤] A سمت الرّأس شخص رصدکننده ، و H جایگاه وی بر سطح زمین ، و E مرکز عالم ، و ABG دایرهٔ نصف‌النّهار ، و B واقع برآن گذرگاه



[شکل ۱٤]

مُنْقَلَب صیفی ، و G گذرگاه منقلب شتوی بوده باشد ؛ در این‌صورت BG فاصلهٔ دومنقلب وبنابرآن دوبرابر میل‌اعظم‌خواهدبود. کسانی‌که ماکارهای‌ایشان‌را برشمردیم، این قوس را با دوخط HB و HG یافته‌اند ، ولی آنچه از هندیان نقل می‌کنند این‌است

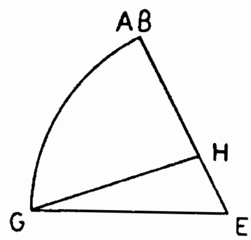
که آن قوس را با دو خط EB و EG یافته‌اند. عملاً اندازه‌گیری از راه مرکز عالم ناشدنی است، چه به آن دسترس نداریم، ولی درصورتیکه HE و HA معلوم باشد، می‌توانیم آنچه را در H به‌دست آورده‌ایم به E انتقال دهیم.

BH را امتداد می‌دهیم و عمود EZ را بر آن فرود می‌آوریم که اندازهٔ آن جیب زاویهٔ ZBE در دایره‌ای است که نصف قطر آن EB بوده باشد. و نیز GH را امتداد می‌دهیم واز E عمودی بر آن فرود می‌آوریم که‌ممکن نیست این عمود بر EZ منطبق‌شود؛
۱۰۶ چه اگر چنین چیزی ممکن باشد، EZT عمود فرود آمدهٔ از E بر GT خواهد بود و لازم می‌آید که‌درمثلث HZT دوزاویهٔ قائمه T و Z باشدکه چنین چیزی‌شدنی‌نیست؛ و چون زاویهٔ Z قائمه است، ناچار زاویهٔ T حادّه می‌شود، و پایهٔ عمود فرود آمده از E [بر GT] میان T و H واقع می‌شود. فرض‌کنیم این‌عمود EKM باشدکه جیب زاویهٔ HGE در چنان دایره است. چون EK وتر مثلّث قائم‌الزّاویهٔ با اضلاع EZ و ZK است، از EZ بزرگتر است؛ و چون EK پاره‌ای از EM است، بزرگی EM از EZ بیشتر از بزرگی EK از EZ می‌شود؛ بنابراین، زاویهٔ G بزرگتراز زاویهٔ B، و زاویهٔ AHB که متمّم ارتفاع منقلب صیفی‌است که عملاً می‌یابیم، برزاویهٔ AEB که متمّم ارتفاع نسبت به‌مرکزاست، به اندازهٔ زاویهٔ اختلاف منظر HBE فزونی خواهد داشت. وبه‌همین‌گونه، زاویهٔ AHG مربوط به‌منقلب شتوی، به‌اندازهٔ HGE برزاویهٔ AEG فزونی پیدا می‌کند. برای پیدا کردن متمّم ارتفاع نسبت به مرکز عالم، باید دواختلاف‌منظر را از متمّمهای ارتفاع بکاهیم، و چون چنین‌کنیم وسپس تفاضل‌میان آن‌دو [یعنی‌متمّم ارتفاع نسبت به مرکز عالم] را به‌دست آوریم، این‌تفاضل ازتفاضل میان دو متمّم ارتفاع پیش ازکاستن دو اختلاف‌منظر از آنها، به دلیل بزرگتر بودن زاویهٔ G از زاویهٔ B کمتر خواهد شد. بنابراین لازم می‌آید که میل در نزد هندیان کمتر از آن اندازه باشدکه رصدکنندگان دیگر یافته‌اند.

۱۰۷ و اگر سخن وارونه کنند و بگویند که رصد هندیان با اختلاف‌منظر تعدیل شده

و رصد دیگران نه با اختلاف‌منظر تعدیل پیدا کرده و نه به سطح زمین تحویل شده ، و دلیلشان آن باشد که اندازه‌گیری دیگران با حلقه‌هایی است که مراکز آنها جایگزین مرکز عالم است، واندازه‌گیری هندیان باسایه‌هااست ، این‌را می‌پذیریم وسخن‌را با محک خود ایشان می‌آزماییم. میان ایشان [یعنی هواخواهان هندیان] ودیگران دراین اختلاف نیست که بزرگترین‌اندازهٔ اختلاف‌منظر از نصف‌عشر یک‌درجه کمتر است، واندازهٔ اختلاف هندیان بادیگران درمیل [اعظم] ربع درجه وسدس درجه است، درصورتیکه عرض ماه در نزد ایشان ازآنچه بطلمیوس آورده است به‌اندازهٔ نیم‌درجه کمتراست. پس اگر چنین ادّعا کنند که هندیان E را مرکز گرفته‌اند ، دعوی ایشان درمیل دروغ در می‌آید ، و اگر مدّعی شوند که H را مرکزگرفته‌اند ، اندازهٔ عرض ماه دروغ ایشان را آشکار می‌سازد ، مگر اینکه از سخن خود بازگردند و اندازهٔ هردو را همان بدانند که دیگران می‌دانند .

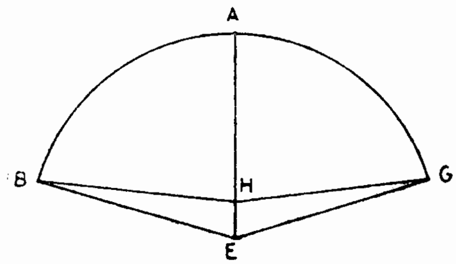
فرض کنیم رصد در زیر مدار منقلب‌صیفی‌صورت گرفته و B بر سمت‌الرّأس [A]
۱۰۸ واقع باشد [شکل۱۵] . در این‌صورت دوبرابر میل اعظم متمّم ارتفاع منقلب شتوی یعنی AG خواهد بود که اندازهٔ آن با چشم زاویهٔ AHG و نسبت به مرکز عالم E



[شکل ۱۵]

زاویهٔ AEG می‌شود که از AHG به‌اندازهٔ HGE کوچکتر است ؛ در این حالت نیز معلوم است که اندازهٔ میل‌باید کمتر شود نه‌بیشتر ، هرچند کاستی آن چندان اندك‌است که اگر خردمند بودند به‌آن نمی‌آویختند .

اکنون فرض کنیم که رصد در خطّ استوا انجام شده باشد. در این صورت [شکل۱۶] A در نیمه راه میان B و G می‌افتد و AB متمّم ارتفاع منقلب صیفی، و AG متمّم ارتفاع منقلب شتوی، و افزودهٔ آنها دو برابر میل اعظم خواهد بود. و چون رصد از محلّ آن به مرکز تحویل شود، دو برابر میل بازاویهٔ BEG نمایش داده می‌شود که اززاویهٔ BHG به‌اندازهٔ افزودهٔ دوزاویهٔ B و G کوچکتراست. پس رصدکننده در هرجاکه باشد، نتیجه یکی است وگفتهٔ آن‌گوینده هیچ حاصلی ندارد. ۱۰۹



[شکل ۱۶]

و همهٔ آنچه گفتیم گواهیهایی است که به استوارکردن این امر مدد می‌رساند که اندازهٔ میل اعظم بیست‌وسه درجه و ثلث درجه و ربع درجه است، واینکه در بعضی از رصدها اندکی کاستی یا فزونی دیده می‌شود، برخاستهٔ از افزار رصد است، بویژه آن کاستی که ابومحمود یافت، وآن فزونی که نظیف از آن دررصد ابوسهل حکایت کرد، که هردو را ناگزیر باید از افزارها دانست، چه ما خرده‌های درجات میل را، در سال رصد خُجَندی، نه کمتر ار ثلث و ربع یافتیم و نه بیشتر ازآن.

و ما آنچه را که ذکرش پیش از این گذشت، در جداولی[1] می‌نگاریم تا با مکرّرشدن ذکر آنها از تصحیف در نسخه‌ها برکنار بماند، و دیگر برای آنکه همه در یک‌جا گرد شده باشد و چشم یکباره همهٔ آنها را ببیند.

و بایسته است که تفاضل دو بزرگترین ارتفاع در دوشهر با تفاضل عرض آن

۱- چنین جداولی در نسخه نیست، شاید مقصود چندصفحهٔ آخر کتاب باشد که ذکر رصدها درآنها آمده است.

دوشهر برابر باشد ، و اختلافی که در جدول دیده می‌شود، برای این است که بزرگترین ارتفاع وابستهٔ به‌میل [اعظم] است ، و عرض شهر وابستهٔ به آنچه میان دو ارتفاع بزرگترین وکوچکترین‌است، وبدان‌سبب که‌دریافتن اندازهٔ میل [اعظم] اختلاف پیدا می شود ، امکان آن هست که دریافتن دوارتفاع یا یکی از آنها سهوی حاصل شود ؛ ۱۱۰
وتوفیق باخدا است .

گفتار در پیدا کردن عرض بلد و میل کلّی از یکدیگر

پیش از این راه یافتن هریک از عرض بلد و میل کلّی را جداگانه و بی‌آنکه نیازی به دیگری باشد ، دانستیم . این دو همچون دوپیوستهٔ به یکدیگرند که ازیکی از آنها می‌توان دیگری را به‌دست آورد ، و بسا که به‌کومک یکدیگر مایهٔ یافتن فواید دیگر شوند . و اکنون بر سر آنیم که در این‌باره سخن گوییم .

پس می‌گوییم : اگر میل کلّی یا میل جزئی ، یعنی میل مداری جزمدار منقلب ، دانسته باشد ، و تنها این‌را بخواهیم که عرض بلدرا پیدا کنیم ، ارتفاعی از خورشیدرا که سمت آن معلوم باشد رصد می‌کنیم و از این‌راه عرض بلد معلوم می‌شود . و این ارتفاع را یا بر نصف‌النّهار اندازه می‌گیریم ، یا بر خطّ اعتدال [یعنی خطّ مشرق و مغرب] ، یا دورترازآن به‌طرف جنوب یاشمال .

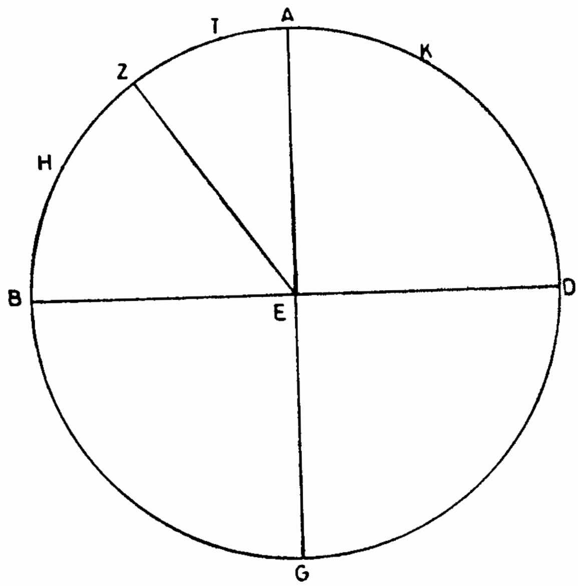
و اگر ارتفاع نیمروزی باشد ، یا [خورشید] در جنوب سمت‌الرّأس است ، یا در شمال آن ، و یا بر خود سمت‌الرّأس .

فرض کنیم دایرهٔ ABGD [شکل۱۷] با مرکز E دایرهٔ نصف‌النّهار باشد، وA سمت‌الرّأس ، و B نقطهٔ جنوب ، و EZ فصل مشترك میان سطح نصف‌النّهاروسطح معدّل‌النّهار ، که در این صورت AZ عرضی است که خواسته شده است . پس اگر ۱۱۱
ارتفاع نصف‌النّهاری جنوبی باشد ، یعنی ازنقطهٔ B حساب شود،ومیل خورشید نیز ، خواه جزئی خواه کلّی ، جنوبی باشد همچون ZH ، دراین‌صورت ارتفاع [خورشید]

BH خواهد بود . تفاضل میان AH را که متمّم ارتفاع است با ZH که میل خورشید است پیدا می‌کنیم تا AZ که عرض بلد است به‌دست آید .

و اگر ارتفاع از نقطهٔ جنوب B حساب شود ، و میل خورشید شمالی باشد همچون ZT ، ارتفاع TB است و از افزودن AT متمّم ارتفاع بر میل ZT عرض بلد یعنی AZ معلوم می‌شود.

و اگر خورشید هیچ‌میل نداشته باشد، ارتفاعْ ZB می‌شود ومتمّم آن AZ عرض بلد است .



[شکل ۱۷]

واگر ارتفاع چهاریکِ تمامِ [دایره] باشد ، وخورشید دارای میل باشد ، AZ برابر با عرض بلد است .

و اگرارتفاع نصف‌النّهاری ازنقطهٔ شمال D حساب شود و اندازه‌ای چون DK داشته باشد ، متمّم ارتفاع یعنی AK را از میل ZK می‌کاهیم ، و AZ که باقی می‌ماند عرض بلد است .

۱۱۲ و اگر خورشید بی میل و ارتفاع آن چهاریک تمام باشد ، یا میلی داشته باشد و ارتفاع آن با متمّم میل آن برابر باشد ، آنگاه بر خطّ استوا قرارداریم .

مثال آن: هنگام نوشتن این فصل، روز سه‌شنبهٔ غرّه جمادی‌الآخر سال چهارصدونه هجری ، درجیفور که روستایی چسبیدهٔ به کابل است بودم، وبا کمال اشتیاق به‌رصد کردن عرضهای آن نواحی می‌پرداختم ، و چنان گمان داشتم که به آزمودن چیزهایی پرداخته‌ام که نوح و لوط ـ بر ایشان درود باد ـ همانند آن‌را نیازموده بوده‌اند ، و امید آن داشتم که در رسیدن به‌بخشش خداوند وآویختن به‌بخشندگی او سومی ایشان باشم . و به‌افزاری برای یافتن ارتفاع ، و چیزهایی که از آنها می‌شد چنین افزاری ساخت دسترس نداشتم ؛ پس بر پشت تختهٔ حساب قوس دایره‌ای رسم کردم وهردرجهٔ آن را به‌شش‌پاره‌بخشیدم که هر پارهٔ آن ده دقیقه شد ، و راستیِ آویختن آن را با شاقولها آزمودم . ارتفاع از سوی جنوب ′۰ °۴۵ درآمد ، و خورشید بنا بر زیج بتّانی در ′۳۶ °۲۶ از میزان و میل جنوبی آن ′۱۹ °۱۰ بود که این میل را بر ارتفاع یافته شدهٔ با رصد افزودم و ′۱۹ °۵۵ درآمد که متمّم عرض کابل است و خود عرض ′۴۱ °۳۴ .

مثالی دیگر : ابوالفضل بن عَمید فرمان داد تا ارتفاع نصف‌النّهاری کاشان را روز شنبهٔ دوازدهم شعبان سال سیصدوچهل‌ونه هجری اندازه بگیرند که خورشید در ′۳۷ °۱۸ از میزان بود؛ اندازهٔ این ارتفاع با زیج صَفایِح که ابوجعفرخازن برای او فراهم آورده بود ، ′۰ °۵۰ ، و میل خورشید ′۲۰ °۷ به‌دست آمد . پس ارتفاع ۱۱۳
اعتدال ′۲۰ °۵۷ و عرض کاشان ′۴۰ °۳۲ درآمد . و معلوم است که دراندازهٔ ارتفاع اشتباهی است ، چه کاشان میان اصفهان، که عرض آن ازاین مقدار بیشتر است، و ری که عرض آن همین اندازه است ، قرارگرفته است .

و در عکس این ، چون ارتفاع نصف‌النّهاری را به‌دست آوریم ، وپیش از آن عرض بلد را دانسته باشیم ، و بخواهیم از روی آن میل خورشید را حساب کنیم ، [نیز چند حالت ممکن است پیش بیاید] :

اگر ارتفاع از سوی جنوب برابر با متمّم عرض بلد باشد ، همچون ZB ، پس خورشید بر دایرهٔ معدّل النّهار است و هیچ میل ندارد ؛ و اگر [ارتفاع] کمتر از متمّم

عرض بلدباشد، همچون BH ، تفاضل میان آن‌دو، یعنی ZH ، میل جنوبی خورشیداست؛ واگر [ارتفاع] بیشتر از متمّم عرض بلد باشد ، همچون BT یا AB ، تفاضل میان آن‌دو ، یعنی TZ یا AZ ، میل شمالی [خورشید] است؛ واگر ارتفاع ازسوی شمال باشد، همچون DK ، افزودهٔ عرض بلد AZ بر متمّم ارتفاع AK یعنی ZK ، میل [خورشید] است.

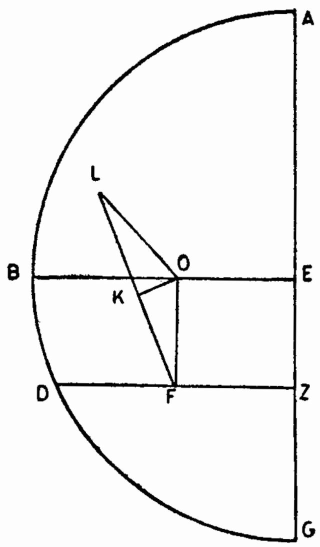
مثال آن : درسرای فرمانداری (دارُالاِمارَه) جُرجانیّه ، ارتفاع نیمروزی خورشید را روز دوشنبهٔ یازدهم ماه ربیع‌الآخر سالی چهارصدوهفت‌هجری مطابق‌باآبان روز (دهم) از مهرماه سال سیصدوهشتادوپنج یزدگردی و روز هفدهم از ماه اَیْلول
۱۱٤ سال هزاروسیصدوبیست‌وهفت‌اسکندری ، اندازه‌گرفتم وآن‌را ′٤٤ °٤٧ یافتم؛چون اندازهٔ آن از متمّم عرض جرجانیّه‌که ′٤٣ °٤٧ است بیشتر بود، از تفاضل میان‌آن دوکه ′١ °٠ است‌میل شمالی خورشیدبه دست آمد ؛ و اعتدال خریفی یک‌ساعت تمام بعدازنیمروز واقع شد . ومن‌این رصدرا، در **کتاب‌التّطریق الی تحقیق حرکةالشّمس،** برای شناساندن حرکت خورشیدِ میانه اساس قراردادم .

واگرعرض بلد ومیل خورشید هردو دانسته‌باشد، وبخواهیم‌ارتفاع نصف‌النّهاری را پیدا کنیم، میل جنوبی‌را ازمتمّم عرض بلد می‌کاهیم ، یا میل شمالی‌را برآن می‌افزاییم، تا ارتفاع نصف‌النّهاری از سوی جنوب به‌دست آید ؛ مگراینکه حاصل عمل[کاهش یا افزایش] بیش از چهاریک [دایره] باشد ، همچون BAK ، که در این صورت این حاصل‌را ازصدوهشتاد درجه که‌نصف دایره یعنی BAD است می‌کاهیم وبازماندهٔ DK ارتفاع نصف‌النّهاری از سوی شمال را به‌دست می‌دهد .

و اگر ارتفاع رصد شده بر دایرهٔ بی‌سمت باشد و بخواهیم عرض بلد را به‌دست بیاوریم ، از شکلی‌که پیشتر آوردم ، آنچه را که مورد نیازاست با همان حروف [در شکل دیگر] می‌آوریم .

فرض‌کنیم LO جیب ارتفاع رصد شدهٔ بر EB یعنی خطّ اعتدال‌باشد [شکل
۱۱۵ ۱۸] ؛ عمود OK را بر LF فرود می‌آوریم که برابر با جیب میل خورشید می‌شود ؛

و چون زاویهٔ LFO برابر بامتمّم عرض بلد ، وزاویهٔ FOL قائمه است ، پس زاویهٔ باقیمانده [از مثلّث یعنی] FLO همان عرض بلد خواهد بود . و نسبت LO که جیب ارتفاع رصد شده است ، به OK که جیب میل خورشید است ، برابر است با نسبت جیب زاویهٔ قائمه LKO به جیب زاویهٔ OLK که عرض بلد است . پس چون جیب میل خورشید را در جیب کلّی [یعنی جیب ۹۰ درجه یا شعاع دایره] ضرب وحاصل



[شکل ۱۸]

را بر جیب ارتفاع بی سمت تقسیم کنیم ، جیب عرض بلد بهدست خواهد آمد .

و اگر همراه با این ارتفاع ،عرض بلد نیزدانسته باشد ، و بخواهیم میل خورشید را حساب کنیم ، چون نسبت LO که جیب ارتفاع است ، به OK که مطلوب است ، برابر است با نسبت جیب زاویهٔ قائمه LKO بهجیب زاویهٔ عرض بلدکه OLK است، پس جیب ارتفاع بیسمت را در جیب عرض بلد ضرب ، و حاصل را بر جیب کلّی تقسیم میکنیم که نتیجهٔ آن جیب میل شمالی خورشید است ، چه چنین ارتفاعی [یعنی ارتفاع بیسمت] جز در مدارهای شمالی صورت نمیبندد .

و همچنین ،اگر میل خورشید دانسته باشد،و بخواهیم ارتفاع بیسمت را درشهری

که عرض آن دانسته است پیدا کنیم ، جیب میل خورشید را در جیب کلّی ضرب و
حاصل را بر جیب عرض بلد تقسیم می‌کنیم که خارج قسمت آن جیب ارتفاع بی‌سمت ۱۱۶
است .

واگر سمت ارتفاع رصد شده در یکی ازدوسوی خطّ اعتدال باشد ، وبادانستن میل خورشید بخواهیم عرض بلد را به‌دست بیاوریم ، چنان فرض می‌کنیم که [خطّ] سمت EM و دوری BM آن از خطّ اعتدال معلوم است [شکل ۱۹] . نسبت EO که جیب متمّم ارتفاع رصد شده است ، به OC که حصّهٔ سمت است ، برابر است با نسبت جیب کلّی EM به‌جیب BM [یعنی جیب زاویهٔ سمت OEC] . پس چون جیب تمام ارتفاع را در جیب سمت ضرب و حاصل به‌دست آمده را محفوظ داریم و بر جیب کلّی تقسیم کنیم حصّهٔ سمت OC به‌دست خواهد آمد . CL را وصل می‌کنیم و عمود GK را بر LF فرود می‌آوریم که برابر با جیب میل خواهد بود . و چون CL وتر
مثلّث قائم‌الزّاویهٔ با اضلاع معلوم LO و OC است ، اندازهٔ خود آن معلوم است ، ۱۱۷
ونسبت آن به OC برابراست بانسبت جیب زاویهٔ قائمه LOC به‌جیب زاویهٔ OLC . پس چون هر یک از جیب ارتفاع رصد شده و حصّهٔ سمت را در خود ضرب کنیم و محفوظ را بر جذر مجموع این دو مجذور تقسیم کنیم[1] ، جیب زاویهٔ OLC و قوس آن که قوس نخستین است به دست می‌آید . و نسبت CK به CL [در مثلّث قائم‌الزّاویهٔ CKL] ، برابر است با نسبت جیب زاویهٔ CLK به جیب زاویهٔ قائمهٔ CKL ، پس

۱ـ عبارت چند سطر اخیر را بدین صورت می‌توان بیان کرد : در مثلث قائم الزاویهٔ OCE چنین داریم :

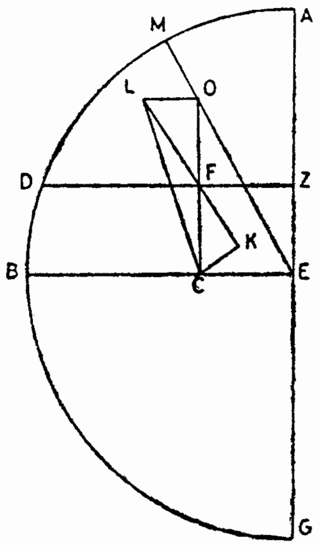
$$\frac{EO}{OC}=\frac{\sin ۹۰^\circ}{\sin OEC}=\frac{۱}{\sin OEC}$$

و از آنجا $OC=EO\times \sin OEC$ (محفوظ)

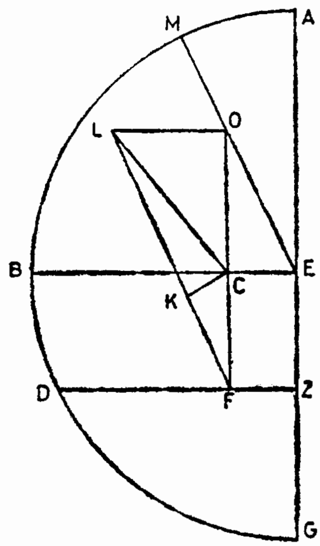
و درمثلث قائم‌الزاویهٔ LOC چنین داریم :

$$\sin OLC=\frac{OC}{CL}=\frac{EO\times \sin OEC}{CL}=\frac{EO\times \sin OEC}{\sqrt{\overline{CO}^۲+\overline{LO}^۲}}$$

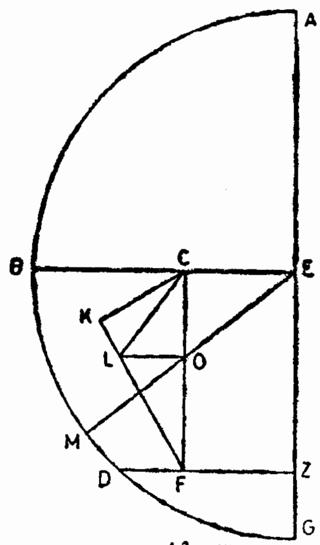
چون جیب میل را در جیب کلّی ضرب و نتیجه را بر آن جذر [یعنی CL که مساوی جذر مجموع مجذورهای CO و LO است] قسمت کنیم ، خارج قسمت جیب زاویهٔ CLK و قوس آن که قوس دوم است به‌دست می‌آید .



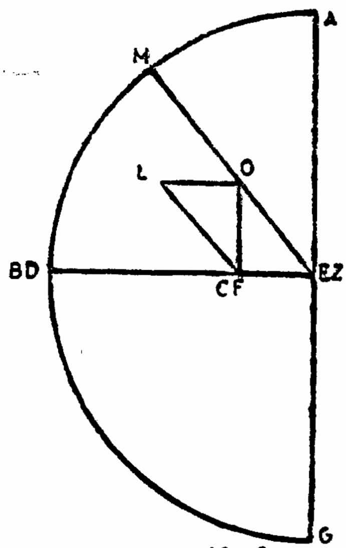
۱۹—۱



۱۹—۲



۱۹—۳



۱۹—۴

[شکل ۱۹]

و امّا در حالت سمت جنوبی و میل جنوبی ، تفاضل میان دوقوس نخستین ودوم عرض بلد است ، چنانکه در شکل اول [۱ — ۱۹] دیده می‌شود .

و امّا در حالت سمت جنوبی و میل شمالی ، مجموع دو قوس عرض بلد است ، چنانکه در شکل دوم [۲ — ۱۹] دیده می‌شود .

و امّا در حالت سمت شمالی ، مکمّل مجموع این دوقوس تا نصف دور [°۱۸۰] عرض بلد است ، چه مجموع آنها در شکل سوم [۳ — ۱۹] زاویهٔ منفرجهٔ OLK است و ماندهٔ آن تا دوقائمه یعنی زاویهٔ OLF عرض بلد است .

۱۱۸ و امّا اگر خورشید ، همچون که در شکل چهارم [٤ — ۱۹] دیده می‌شود ،
۱۱۹ بی میل باشد ، همان قوس اوّلی که به‌دست آمده است عرض بلد خواهد بود .

و اگر با ارتفاع و سمت ، عرض بلد دانسته باشد ، و بخواهیم میل خورشید را
۱۲۰ به‌دست آوریم ، نخست حصّهٔ سمت را استخراج می‌کنیم تا OC معلوم شود . نسبت LO به OF برابر است با نسبت جیب زاویهٔ OFL که متمّم عرض بلد است به جیب زاویهٔ عرض بلد که OLF است . پس چون جیب ارتفاع را در جیب عرض‌بلد ضرب و حاصل را بر جیب تمام‌عرض قسمت کنیم ، وتفاضل‌میان این‌خارج‌قسمت را باحصّهٔ سمت جنوبی ، یا افزودهٔ آن را با حصّهٔ سمت شمالی به دست آوریم ، آنچه حاصل می‌شود CF است . و نسبت CF به CK برابر است با نسبت جیب زاویهٔ قائمهٔ CKF به‌جیب زاویهٔ KFC که متمّم عرض بلد است . پس چون آن حاصل CF را درجیب تمام عرض بلد ضرب و حاصل را بر جیب کلّی قسمت کنیم ، خارج قسمتْ جیب میل خورشید است .

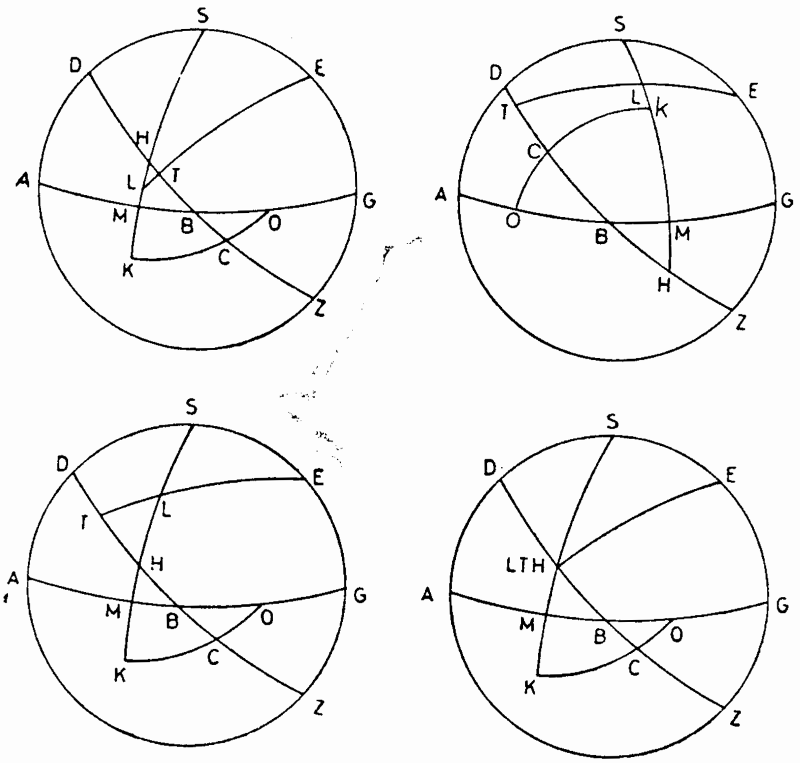
و اگر عرض بلد و میل خورشید دانسته باشد و ، بادانستن ارتفاع خورشید سمت آن ، یا با دانستن سمت ارتفاع آن مجهول باشد ، در حالت اوّل [یعنی معلوم بودن ارتفاع خورشید و مجهول بودن سمت آن] چنین می‌گوییم : CK جیب میل دانسته‌است و زاویهٔ KFS متمّم عرض ، و نسبت CF به CK برابر است با نسبت جیب زاویهٔ

قائمهٔ CKF به جیب زاویهٔ KFC . پس چون جیب میل خورشید را در جیب کلّی ضرب و حاصل را بر جیب تمام عرض بلد تقسیم کنیم ، CF به دست می‌آید که آن را محفوظ می‌داریم . و این CF وتر مثلّث قائم‌الزّاویه‌ای است که دو ضلع دیگر آن CK ۱۲۱
و KF است. پس چون هریک از جیب میل‌خورشید وآنچه‌را ازخارج قسمت به‌دست آمد ومحفوظ داشتیم [یعنی CF] ، درخود ضرب کنیم ، وازتفاضل آنها جذربگیریم، KF به‌دست می‌آید . و نسبت KF به KC برابر است با نسبت FO به OL ؛ پس چون آن جذر [یعنی KF] را در جیب ارتفاع مفروض ضرب و حاصل را برجیب میل خورشید قسمت کنیم ، OF به‌دست خواهد آمد . تفاضل آن با محفوظ [CF] در میل شمالی ، و مجموع آن دو در میل جنوبی ، حصّهٔ سمت است ، که نسبت آن به جیب تمام ارتفاع همچون نسبت جیب سمت است به جیب‌کلّی ؛ پس حصّهٔ سمت را در جیب کلّی ضرب و حاصل را بر جیب تمام ارتفاع تقسیم می‌کنیم ، و خارج قسمتْ جیبِ سمتِ آن ارتفاع است .

و در حالت دوم [یعنی‌معلوم بودن سمت و مجهول بودن ارتفاع] : فرض کنیم [شکل ۲۰] AZGD دایرهٔ نصف‌النّهار ، و DBZ نیمی از معدّل‌النّهار با قطب E ، و ABG افق با قطب S بوده باشد . اگر خورشید در L باشد و قوسهای SLM و ELT را بر آن بگذرانیم ، LT میل و LM ارتفاع و BM سمت آن خواهد بود . و فرض‌آن بود که سمت معلوم و ارتفاع مجهول است ؛ پس BM و MA ، و همچون TL و SD دانسته است . به مرکز H و با شعاعی برابر ضلع مربّعْ [یعنی مربّع محاط در دایره]
دایرهٔ KCO را رسم می‌کنیم . BO مساوی با MA است[1] و CK اندازهٔ زاویهٔ H ، ۱۲۲
و نسبت جیب BO به جیب OC که متمّم CK است ، برابر است با نسبت جیب ربع دایرهٔ BG به جیب GZ که متمّم EG است . پس چون جیب تمام دوری سمت را از

۱- در حالت دوم (تصویرطرف راست وبالا) ازشکل ۲۰ دیگر BO=MA نیست، بلکه MG = BO یعنی BO مکمل MA است .

[نقطهٔ] اعتدال در جیب تمام عرض بلد ضرب وحاصل را برجیب کلّی تقسیم کنیم ، جیب تمام زاویهٔ H به‌دست می‌آید که چون قوس متناظر با آن را به دست آوریم و از ۹۰° بکاهیم ، زاویهٔ H معیّن خواهد شد . و نسبت جیب HL به‌جیب LT برابراست با نسبت جیب زاویهٔ قائمه LTH به‌جیب زاویهٔ H . پس چون جیب میل خورشید را در جیب کلّی ضرب و حاصل را بر جیب زاویهٔ H تقسیم کنیم ، جیبی به‌دست می‌آید



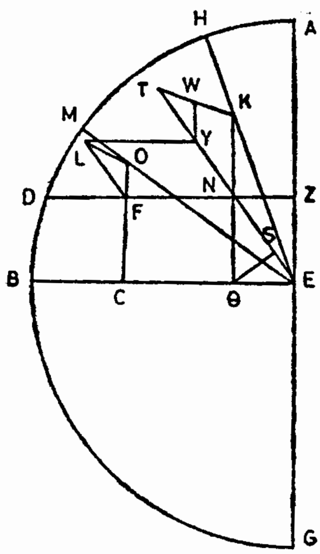
[شکل ۲۰]

که قوس متناظر باآن یعنی LH را قوس اوّل می‌نامیم . و نسبت جیب HS به‌جیب SD برابراست بانسبت جیب زاویهٔ قائمه SDH به جیب زاویهٔ H . پس چون جیب عرض بلد را در جیب کلّی ضرب و حاصل را بر جیب زاویهٔ H تقسیم کنیم ، جیبی به‌دست می‌آید که قوس SH متناظر با آن را قوس دوم می‌نامیم . پس اگر میل جنوبی باشد ،

دوقوس اوّل و دوم را باهم جمع می‌کنیم ، و اگر شمالی باشد آن دو را از هم می‌کاهیم ،
۱۲۳ و آنچه حاصل می‌شود متمّم ارتفاع سمت مفروض است . واگر خورشید بر معدّل النّهار
باشد ، قوس اوّل متمّم آن ارتفاع خواهد بود .

۱۲۴ و پیشتر شناختن عرض بلد را با دانستن دو ارتفاع و سمتهای آنها در مدار واحد
گفتیم ، که از روی آن میل همین مدار معیّن می‌شود .

اکنون به آن اشکال [یعنی تصاویری که در شکل ٤ صفحهٔ ٤٨ همین کتاب آمده است] که در آنها ، بنابر رصدهای من ، مطلب با مثلّثها بیان شده ، باز می‌گردم و می‌گویم [شکل ۲۱] : اگر دوضلع TW و WY از مثلّث TWY ، ونیز حصّهٔ سمت



[شکل ۲۱]

بزرگتر Kθ دانسته باشد ، چون نسبت TW به WY برابر با نسبت TK به KN است ، پس KN و Kθ معلوم است ، و بنا برآن تفاضل میان Kθ و KN در سمت جنوبی و حاصل جمع آنها در سمت شمالی دانسته است ، و آن برابر با گشادگی مشرق (سِعَةُ المشرق) است . چون عمود θS را بر TN فرود آوریم ، بدان جهت که طول این عمود با طول عمود فرود آمدهٔ از E بر سطح مدار که خطّ المرکزین [یعنی میان مرکز کلّ

مرکز مدار Z] است برابر است ، طول این عمود برابر باجیب میل مدار خواهد بود؛ از تشابه سه مثلّث θSN و NKT و TWY نتیجه می‌شود که نسبت Nθ به θS همچند نسبت TY به TW است ؛ پس چون جیب گشادگی مشرق مدار را در تفاضل میان جیبهای دو ارتفاع ضرب و حاصل را بر وتر [یعنی TY] قسمت کنیم ، جیب میل
۱۲۵ خورشید به‌دست خواهد آمد .

مثال آن از دوارتفاعی که با سمت آنها رصد کردم و اندازه‌های آنها را پیشتر آوردم[صفحهٔ ۵۱ــ۵۰]: درآنجا TW و WY و Kθ را معلوم کردم . پس چون تفاوت میان دو حصّهٔ سمت را که ″۴۲ ′۴۰ °۵ است در جیب ارتفاع بزرگتر یعنی ″۵۴ ′۳۹ °۲۱
۱۲۶ ضرب کنیم ، ۱٬۵۹۴٬۳۵۳٬۳۴۸ رابعه به‌دست می‌آید ؛ با تقسیم کردن این حاصل بر تفاضل جیبهای دوارتفاع که ″۱۶ ′۱۸ °۶ است ، ″۴۸ ′۳۰ °۱۹ حاصل می‌شود که تفاضل آن با حصّهٔ سمت بزرگتر ″۴۷ ′۱۰ °۳۲ است ؛ چون این تفاضل را در تفاضل میان جیبهای دوارتفاع ضرب کنیم ، ۲٬۶۲۹٬۲۶۳٬۵۱۲ رابعه به‌دست می‌آید که از تقسیم کردن آن بر عدّهٔ ثانیه‌های وتر که ۳۰٬۵۴۵ است ، ″۳۸ ′۵۴ °۲۳ که جیب میل خورشید است به‌دست می‌آید و قوس آن ″۶ ′۲۹ °۲۳ است .

و به‌این اندازه‌گیری ، درآنچه مورد نظرماست ، ازآن جهت که پای محاسبه درآن به‌میان می‌آید ، آن اندازه اعتماد نمی‌توان کرد که به‌عرض بلد می‌توان اعتماد کرد، چه در این یک تنها رصد درکار است ونیازی به‌محاسبه پیدا نمی‌شود. ولی من ازچندین جهت احتیاط ووارسی کردم که یکی ازآنها این‌است که درجات متساوی ومختلف‌الجهت میل را آزمودم ، و هردو ارتفاع یافته شدهٔ با رصد بر دایرهٔ نصف النّهار را برهم افزودم و نصف کردم و نصفها را به‌دست آوردم که ′۴۳ °۴۷ برابر با متمّم عرض بلد شد .

نمونه‌ای از آنها: ارتفاع نصف‌النّهاری روزیکشنبه بیست‌وششم ربیع‌الاوّل‌سال

چهارصدو هفت هجری برابر با آرَدْ روز (بیست و پنجم) از شهریورماه سال سیصدو
هشتادوپنج یزدگردی ، ۵۳° ۳۵′ بود، وارتفاع نصف‌النّهاری روزشنبهٔ پیش‌ازآن،
۵۳° ۵۸′ ؛ و به‌حساب زیج حَبَش ، خورشید در آن هنگام در درجهٔ ۱۵° ۲۲′ از ۱۲۷
برج سنبله جای داشت . چون از این مقدار یازده دقیقه را که اختلافی است که میان
آنچه من به چشم دیدم و آنچه با حساب درآن زیج آمده است بکاهیم، جای خورشید
در درجهٔ ۱۵° ۱۱′ ازبرج سنبله خواهد بود ، وبنابراین ارتفاع نیمهٔ این برج دردایرهٔ
نصف‌النّهار جُرجانیّه ۵۳° ۳۶′ می‌شود. ونیز در روز سه‌شنبهٔ بیست‌وششم ربیع الآخر
مطابق با آرَدْ روز (بیست و پنجم) از مهرماه ، ارتفاع نصف‌النّهاری‌را ۴۱° ۵۳′ ،
و در روز چهارشنبهٔ پس از آن ۴۱° ۳۰′ یافتم ، و خورشید، به‌حساب زیج حَبَش،
در درجهٔ ۱۵° ۲′ از برج میزان بود که باکاستن یازده دقیقه می‌شود ۱۴° ۵۱′ ، پس
ارتفاع نیمهٔ این برج دردایرهٔ نصف‌النّهار جُرجانیّه می‌شود ۴۱° ۵۲′ . چون دوارتفاع‌را
بر یکدیگر بیفزاییم ، می‌شود ۹۵° ۲۸′ که نیمهٔ آن ۴۷° ۴۴′ عرض بلداست ؛ ودر
همهٔ این امتحانات نتایج یا برابر است یا به‌اندازهٔ یک دقیقه افزایش یاکاهش دارد .

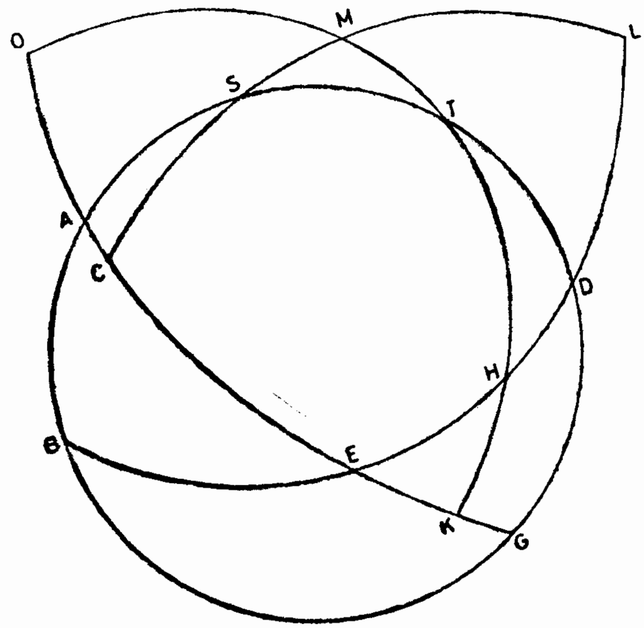
ونیزتختهٔ مربّعی فراهم می‌آوریم وبرمیان‌آن نشانه‌ای برای نصب‌کردن شاخصی
قرار می‌دهیم که آن شاخص را ، به‌هرگونه ازگونه‌های ظل که دلخواهمان باشد تقسیم
کرده باشیم ، یعنی به‌دوازده قسمت که به حساب انگشتان باشد ، یا به‌شش‌ونیم‌قسمت
که به حساب گامها باشد ، یا به شصت قسمت که حساب اجزاء [پاره‌های شعاع]
باشد . سپس پرگار را به‌اندازهٔ ظلّ میل خورشید در وقت عمل باز می‌کنیم وپایهٔ آن‌را ۱۲۸
در جای نشانه قرار می‌دهیم و دایره‌ای رسم می‌کنیم . آنگاه شاخص را به حالت قائم در
جای نشانه‌نصب می‌کنیم، وتخته‌را چنان[برسطح‌افقی] قرار می‌دهیم که خطّ نصف‌النّهار
با خطّ اعتدال [یعنی خطّ مشرق ومغرب] مماس شود . سپس سرشاخص را به‌طرف
قطبی که میل خورشید درآن جهت است کج می‌کنیم و تخته را اندك اندك برگرد ضلع
شرقی غربی چنان می‌گردانیم که از موازات یا مماس بودن با خطّ اعتدال خارج نشود ،

و این کار را چندان دنبال می‌کنیم تا کنار سایهٔ شاخص بر پیرامون دایره‌ای که کشیده بودیم بیفتد. در این صورت زاویه‌ای که میان سطح افق و سطح تخته است برابر با متمّم عرض بلد خواهد بود. و این بدان جهت است که مدارات نسبت به معدّل النّهار همان حالت را دارند که مُقَنْطَرات [یعنی دایره‌های موازی با دایرهٔ افق] با دایرهٔ افق دارند، پس اگر میل مدارات را ارتفاع آنها منظور کنیم، مدار حکم مُقَنْطَرَه پیدا می‌کند. وچون ظلّ مقنطرهٔ واحد در همه جای آن یکی است، پس هنگامی که سرسایه بر پیرامون دایرهٔ رسم شدهٔ برای مقنطرهٔ میل بیفتد، تخته محسوساً در سطح معدّل النّهار و شاخص برراستای محورِ [عالم] واقع است، و آن زاویه زاویهٔ تقاطع افق و معدّل النّهار خواهد بود. و این درصورتی است که نهاد خطّ نصف النّهار دانسته باشد، ولی اگر ۱۲۹
این خط مجهول باشد، آن را بدین طریق می‌توان یافت که تخته را چنان قرار دهیم که کنار سایهٔ شاخص بر پیرامون دایره واقع شود، و آنگاه از وسط ضلع بالای مربّع شاقولی می‌آویزیم و محلّ فروافتادن شاقول را به وسط ضلع پایین مربّع وصل می‌کنیم که این خطّ خطّ نصف النّهار خواهد بود.

این بود گونه‌های یافتن عرض بلد و میل خورشید از راه رصد کردن ارتفاعها و سمتهای وابستهٔ به یکدیگر. وممکن است ازچیزهای پیوستهٔ به آنها از لحاظ مدارهایی که با اختلاف عرض با یکدیگر تفاوت پیدا می‌کنند، دانستنیهایی به‌دست آورد که از روی آنها یکی از این دو مطلوب از روی دیگری به‌دست آید، که از آن جمله است: گشادگی مشرق و نصف قوس روز [یعنی قوسی که خورشید در یک روز بالای افق یک نقطه رسم می‌کند]. پس اگر یکی از اینها با رصد دانسته شود، و یکی از دو مطلوب دانسته باشد، بیرون آوردن مطلوب دیگر امکانپذیر است.

فرض کنیم ABGD دایرهٔ نصف النّهار و AEG معدّل النّهار با قطب T و BED افقِ جایگاه مفروضی باشد [شکل ۲۲]. اگر H مَطْلَع جزئی [خورشید] باشد، گشادگی مشرق آن HE می‌شود، و اندازهٔ آن در شهری که عرض DT آن در دست

باشد ، با آزمایش به‌دست می‌آید . نسبت جیب گشادگی مشرق EH به‌جیب میل جزئی HK برابر است با نسبت جیب ربع [دایرهٔ] ED به‌جیب متمّم عرض بلد DG ؛ پس اگر جیب گشادگی مشرق را در جیب تمام عرض بلد ضرب و حاصل را بر جیب کلّی تقسیم کنیم ، جیب میل جزئی به‌دست می‌آید . و همچنین اگر فرض کنیم که HK معلوم و عرض بلد DT مجهول باشد، ازروی همان نسبت ، چون جیب میل جزئی را در جیب کلّی ضرب وحاصل را بر گشادگی مشرق تقسیم کنیم ، خارج قسمت جیب تمام عرض بلد خواهد بود .



[شکل ۲۲]

پس اگر با افزارهای آبی یا ریگی قوس روز (قوس‌النّهار) نقطه را پیدا کنیم، نیمهٔ آن KA و تعدیل روز (تعدیل‌النّهار)[1] KE خواهد بود ؛ و چون عرض‌بلددانسته

۱ـ قوس‌النهار آن بود که ازمدار زبر افق باشد ... ؛ اما فضل‌النهار آنست که روز را افزونی بود بروز معتدل ، یا کمی ؛ و روز معتدل بساعت دوازده ساعت باشد ... و اما تعدیل‌النهار نیمهٔ فضل‌النهار بود . نقل ازالتفهیم بیرونی ، چاپ استاد جلال‌الدین همائی، صفحهٔ ۱۷۷ .

و میل نادانسته باشد [و بخواهیم آن را پیدا کنیم ، از امتداد دادن قوسها ، قوسهای] HDL و HTMO و EAO را رسم می‌کنیم ، و بر قطبِ [یعنی مرکزِ] H به‌شعاع ضلع مربّع [یعنی مربّع محاط دردایرهٔ بزرگ] قوس LMSC را می‌کشیم . AC با EK و SA با DT ، و TM با HK برابراست، پس نسبت جیب TS که با DG برابراست به‌جیب SM ، همچون نسبت جیب TA یعنی ربع دایره می‌شود به جیب AO که مساوی GK است ، واز اینجا SM ومتمّم آن SC به‌دست می‌آید . و نسبت جیب SC به‌جیب AC که با EK برابر است ، همچون نسبت جیب ST است‌که با DG برابر است ، به جیب MT که با HK برابراست. پس چون جیب تمام‌عرض بلدرا در جیب تمام تعدیل‌النّهار
۱۳۱ ضرب و حاصل را بر جیب کلّی قسمت کنیم ، جیبی به‌دست می‌آید که قوس آن را می‌یابیم و از ۹۰° می‌کاهیم ، وسپس حاصل ضرب جیب‌تعدیل‌النّهار درجیب تمام‌عرض بلد را بر جیب این قوس باقی مانده تقسیم می‌کنیم که همان‌جیب میل جزئی خواهد بود[1].

و اگر میل جزئی دانسته و عرض بلد نادانسته باشد ، [می‌گوییم]: نسبت‌جیب TH به‌جیب DH همچون‌نسبت جیب ربع [دایرهٔ] TK به‌جیب KG است‌که ازآن‌رو DH به‌دست می‌آید ؛ و نسبت جیب متمّم این DH یعنی EH به جیب EK ، همچون نسبت جیب TH به‌جیب TD است‌که از آن‌رو TD به‌دست می‌آید . پس چون جیب تمام میل جزئی را در جیب تمام تعدیل‌النّهار ضرب و حاصل را بر جیب کلّی تقسیم

۱- نسبت اول چنین نوشته می‌شود :

$$\frac{\sin DG}{\sin SM}=\frac{\cos DT}{\sin SM}=\frac{\sin 90^\circ}{\sin GK}=\frac{\sin 90^\circ}{\cos EK}$$

که ازآن‌رو ، با معلوم‌بودن DT و EK ، SM به‌دست می‌آید . چون SM را از ۹۰° بکاهیم ، قوس SC معلوم می‌شود و با قراردادن جیب آن در رابطهٔ نسبتهای دوم یعنی :

$$\frac{\sin SC}{\sin EK}=\frac{\sin CG}{\sin HK}$$

با معلوم بودن EK و DG ، HK یعنی میل جزئی به‌دست خواهد آمد .

کنیم، جیبی به‌دست می‌آیدکه چون قوس متناظر باآن را بیابیم و از ۹۰° درجه بکاهیم، و حاصل ضرب جیب تمام میل جزئی در جیب تعدیل‌النّهار را بر جیب این قوس باقی مانده تقسیم‌کنیم ، جیب عرض بلد به‌دست خواهد آمد .

و اگر گشادگی مشرق و تعدیل روز هردو را به‌رصد دانسته باشیم ، و عرض بلد و میل‌جزئی هردو مجهول باشد ، [گوییم] : نسبت جیب TH به‌جیب HD، برابر است با جیب ربع [دایرهٔ] TK به‌جیب KG ؛ پس چون جیب تمام گشادگی مشرق را در جیب کلّی ضرب و حاصل را بر جیب تمام تعدیل روز تقسیم کنیم ، جیب تمام میل جزئی به‌دست خواهدآمد . وچون نسبت جیب TH به‌جیب TD همچون نسبت جیب HE به‌جیب EK است ، با ضرب کردن جیب تمام میل جزئی در جیب تعدیل روز ۱۳۲
و تقسیم حاصل بر جیب‌گشادگی مشرق، جیب عرض بلد دانسته خواهد شد . واین بود گونه‌های مختلفی که ممکن است پیش بیاید .

[عرضهای اقلیمها]

وپیوسته به‌آن است یادکردن ازاقلیمها که برای آنچه مقصود ماست ناگزیزی است ، چه کتر می‌توانی دو نسخه‌را بیابی که درچندیِ عرضهای اقلیمها یکسان باشد ، تاآنجا که برای‌گزارش این عرضها آنها را به‌کسان مختلف چنان نسبت می‌دهندکه آراء و مذاهب را به‌کوشندگان درآنها منسوب می‌دارند ؛ و این چیزی نیست که با رصد به دست آمده باشد تا احتمال پیدا شدن اختلاف درآن برود، یا از راه نگرش واندیشه کردن پیدا شود تا امکان گونه‌گون شدن درآن پیش بیاید ، بلکه براصلی که همگان برآن اتّفاق دارند بنا شده‌است. به‌گمان من، پیدا شدن اختلاف درچندیِ عرض اقالیم از اختلاف در چندیِ میل اعظم برخاسته است ، و دیگر به سبب نابسامانی در یافتن ۱۳۳
جیبهای درجات دایره‌که از راه محاسبهٔ این جیبها ازیکی از دو روش رومی وهندی پیش آمده، وسپس از تباهیِ که به دست نویسندگان درنوشتن جداول جیب نسخه‌ها فراهم آمده وهرچه را باآنها محاسبه شده تباه کرده‌است .

واکنون نخست می‌گویم : آبادانی زمین، ازجهت سیاست وگسترش‌فرمانروایی، به هفت پارهٔ گرد برابر تقسیم شده ، بدان‌گونه‌که شش دایرهٔ برابرْ دایرهٔ هفتم برابر با آنهارا درمیان می‌گیرد . وسبب این‌گونه بخش‌کردن آن است‌که پادشاهان بزرگ در ایرانشهر جایگاه داشتندکه عراق و فارس و جبال و خراسان است . و از ایشان بعضی درآغاز روزگار و پیش‌از آنکه مردمان در همه جا پراکنده شده باشند ، برهمهٔ این کشورها چیره بودند،و ناگزیر بایستی درمیانه جای گیرند تا راه رسیدن به‌کامها برای

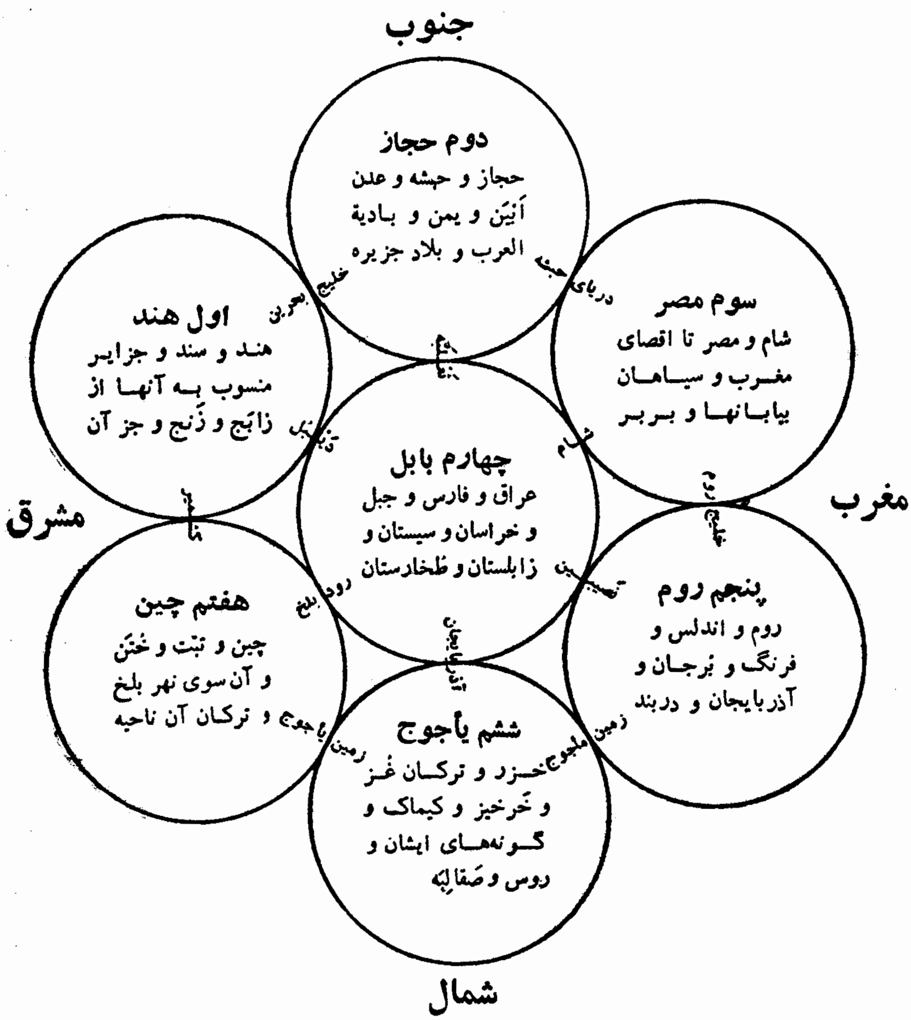
ایشان هموار شود و آنچه را که می‌خواستند به چنگ بیاورند آسان در دسترس داشته باشند ؛ و بعضی ، بویژه پس از روزگار اسکندر ، بر همهٔ این سرزمینها چیرگی نداشتند ، ولی دیگران از ایشان در بیم بودند و با پرداختن باجْ خود را از گزند دور می‌داشتند و به‌گونه‌گونه نزدیکی در پی برانگیختن مهر ایشان برمی‌آمدند . و چنین پادشاهان بیشتر نیازمند آن بودند که از کشورهای دیگر یکسان دور باشند تا به‌آنچه از آنها می‌خواهند برسند ، و همهٔ کسانی که گرد برگرد آنان بودند یکسان از ایشان بیم و به ایشان امید داشته باشند . و هریک از این قسمتها [ی هفتگانه] را کِشْوَر نامیده‌اند ، و این کلمهٔ از کلمهٔ «خطّ»[1] فارسی برآمده است ، وتوگویی که این نامگذاری اشاره به‌آن است که این کشورها چنان از یکدیگر جدا شده‌اند که نگاشته را خطها ازیکدیگر جدا می‌کنند .

۱۲٤ نخستینِ آنها میانین است که ایرانشهراست ، ولی آن را در شمارهٔ چهارم نهاده‌اند تا از جهت شمار نیز میانین باشد . وصورت آن وجدایی پاره‌های آن ازیکدیگر چنین [شکل ۲۳] است .

۱۲۵ واین‌شکل بخش کردن هیچ پیوندی باآهنگ احوال طبیعی یاقضایای علم هیئت ندارد ؛ بلکه برحسب دگرگونی ممالک است بنا برگونه‌گونگی صورتهای آدمیان یا رفتار وکردار یا زبان وآیین آنان دراین سرزمینها ، یا بنا براینکه کسی آنان‌را به چیرگی در زیر فرمان خود فراهم آورده بوده است .

واما مردم مغرب ، از یونانیان و جز ایشان ، ازآن جهت که در هرچه به آن می‌پردازند ازکوتاهترین راه ونزدیکترین آن به حقیقت می‌روند ، چون به‌امتداد درخاور و باختر نگریستند ودرآن اختلافی جز ازجهت نهاد کوهها و دریاها وجای وزش بادها نیافتند ، وچون درامتداد به سوی قطب شمال نگریستند و به اختلاف درگرمی وسردی هوا و تغییرات وضع خورشید و ستارگان و قطب و ستارگان گرداگرد آن نسبت به سمت‌الرّأس پی بردند ، و دانستند که هرچه در این راه پیشتر روند تفاوت شب و روز

۱- کشه وکش در زبان فارسی بهٔ معنی خط است.



[شکل ۲۳]

بیشتر می‌شود ، آبادانی زمین را ، از روی آشکارترین اختلاف که تفاوت میان روز و شب‌است ، با خطوط متوازی که از خاورها به باخترها می‌رسد ، به هفت اقلیم[1] بخش کردند . آغاز این تقسیم را میانهٔ اقلیم اوّل نهادند وآن جایی‌است که بزرگترین روز ۱۳۶
تابستانی آن سیزده ساعت است ؛ و میانهٔ اقلیم دوم جایی است که بزرگترین روز آن

۱- اصل این کلمه یونانی است.

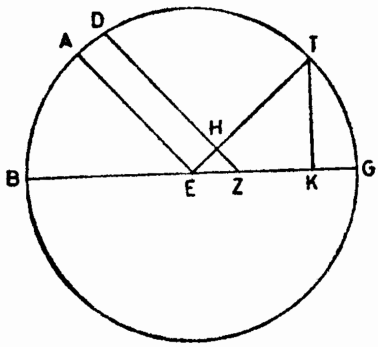
سیزده ساعت ونیم است، و به همین‌گونه بلندترین روز میانهٔ هراقلیم به‌اندازهٔ نیم‌ساعت از بلندترین روز اقلیم پیش‌ازآن بیشتر می‌شود تاآنکه درمیانهٔ اقلیم هفتم بلندی‌درازترین روز شانزده ساعت است . و شمارهٔ کسانی که آن سوی اقلیم هفتم زندگی می‌کنند اندك است ومردمان آنجا خوی ددان دارند ؛ و دورترین جایی که گروهی از ایشان درآنجا سکونت دارند ، شهر یوره است که از ایسوا دوازده روزه به‌آنجا می‌روند ؛ و از ایسوا تا بلغار بیست روز راه است که آن را با سورتمه می‌سپارند و توشهٔ راه را برسورتمه می‌نهند وآن را خود یا سگهایشان بر روی برف می‌کشند ، یااینکه استخوانهایی به پاهای خود می‌بندند و بدین‌وسیله درمدّتهای کوتاه مسافتهای دراز می‌پیمایند . و داد وستد مردم یوره چنان است که کالاهای خود را درجایی می‌نهند و ، به سبب مردم گریزی ، خود ازآن دور می‌شوند ، همان‌گونه که ساکنان سرزمین لنك نیز با قرنفل (میخک) در دریا داد وستد می‌کنند .

و ازآن جهت میانهٔ اقلیم اوّل را ازآنجاکه یاد کردیم گرفته‌اند که آغاز جایگاه کسانی‌است که ازآدمیان به‌شمار می‌آیند . واین بدان جهت‌است که خطّ استوا درسوی دریای مغرب از دریای آن سوی سرزمینهای سیاهان مغرب آغاز می‌شود ، و سپس بربیابانها و ریگهای آنان از نزدیکی سرچشمه‌های نیل می‌گذرد ، وآنگاه به جزایر
۱۲۷ دیبجات و واقواق وجزایر زابج درسوی مشرق می‌رسد . وهمهٔ کسانی که‌آن‌سوی خطّ استوا جای دارند ، به اندازه‌ای خوی جانوری و درندگی دارند که گوشت آدمیان می‌خورند . سپس این خوی رفته رفته درکسانی که در شمال خطّ استوا جای دارند از میان می‌رود ، و چون به اقلیم اوّل برسیم ، مردمان خوی شهرنشینی (تمدّن) و اخلاق آدمی دارند و برروشهای پسندیده زندگی می‌کنند .

و دراینجا شایسته است که عرضهای اقلیمها را درست کنیم و از خاصیتهای پاره‌های زمین در راستای پهنا سخن گوییم که، اگر خدا بخواهد، آن‌را سودمند می‌بینیم .

و می‌گوییم : اگر درشکلی که پیشتر آمد [شکل ۲۲] ، چنان بگیریم که HK میل

اعظم و KE تعدیل روز درازترین‌روز برای هریک از آغاز ومیانه وپایان اقلیمها باشد، پهناهای اقلیمها بنا بر آنچه دربارهٔ بیرون‌آوردن عرض از راه قوس روز گفتیم، به‌دست می‌آید. و نیز، اگر ABGD [شکل ۲۴] دایرهٔ نصف‌النّهار با مرکز E، و AE فصل مشترك میان آن و معدّل‌النّهار، و DZ فصل مشترك میان آن ومدار [خورشید] و BG فصل مشترك میان آن و افق باشد، چون از قطب معدّل النّهار T خط THE را ۱۳۸
بگذرانیم، HE جیب میل مدار می‌شود، و ZE جیب گشادگی مشرق، و HZ جیب تعدیل‌روز درمدار بر آن‌فرض که HD جیب کلّی‌باشد. وچون‌اندازهٔ HD را به‌اجزای (درجات) دایرهٔ بزرگ و جیب آنها تحویل کنیم، چنان می‌شود که HD جیب تمام میل



[شکل ۲۴]

مدار باشد: چه اگر جیب تعدیل روز را به دست آوریم، HZ می‌شود، و نسبت آن به جیب کلّی HD، همچون نسبت HZ تحویل شده است به جیب تمام میل مدار HD. به همین جهت جیب تعدیل روز را در جیب تمام میل مدار ضرب و حاصل را بر جیب کلّی تقسیم می کنیم تا HZ تحویل شده به‌دست آید. ZE وتر مثلّث قائم‌الزّاویه‌ای است که HZ و HE اضلاع آنند، و نسبت ZE به HZ همچون نسبت ET به TK یعنی جیب [قوس] TG است. پس چون هریک از HZ تحویل شده و HE را درخود ضرب و حاصل جمع این دو مجذور را برجذر مجموع آنها تقسیم کنیم، جیب عرض بلد و اقلیم

به دست خواهد آمد . واندازهٔ HE درهمهٔ اقلیمها برای درازترین روز یکی‌است، چه برابر با جیب میل اعظم است که اندازهٔ آن ‴۲۸ ″۵۷ ′۰ °۲٤ است و مربّع آن ۷٦٤٬۹۸۵٬٤۷٤٬۷ رابعه ، وهمچنین HD جیب تمام میل اعظم اندازهٔ واحدی دارد وآن ‴٥ ″۵۹ ′۵۹ °٥٤ است . و من عمل بازپسین را برمی‌گزینم ، چه از جدولهای جیب تنها به یک جیب‌گرفتن و یک قوس پیداکردن نیازمنداست . درستی محاسبه‌ای
۱۳۹ که از اصم بودن جذرها حاصل می‌شود کمتر از آن است که از جیبها حاصل می‌شود، چه این یکی ساده ومفرد است وآن یکی مرکّب و مضاعف .

وچون تقسیم اقلیمها برحسب ساعتهای درازترین روز است ، وتفاوت درازترین روزها در میانه‌های اقلیمها نیم ساعت نیم ساعت‌است، آشکاراست که‌تفاوت درازترین روزهای آغاز و پایان هراقلیم با میانهٔ آن ربع ساعت خواهد بود ، تا چنان شود که آغازهای اقلیمها و نیز پایانهای آنها با یکدیگر نیم ساعت تفاوت داشته باشد . و من همهٔ آنها را بنا برآنچه یاد شد حساب کرده و نتیجهٔ عمل را درجدولی آوردم که چنین است [صفحهٔ ۱۱۵] .

۱٤۳ وآبادی درآن سوی پایان اقلیم هفتم و پیش‌از آغاز اقلیم اوّل پایان نمی‌پذیرد ، ولی کمتر می‌شود ودر پاره‌ای جاها هست ودر جاهای دیگر نیست ؛ چه گرما درجنوب اقلیم اوّل سوزاننده‌است ، مگر اینکه نهاد جایگاه نسبت به دریاها وکوهها ازاین‌گرما جلوگیری کند . بیابانهای سیاهان سوزان است وگیاه که پرورش جانور به‌آن است در آنها نمی‌روید ، و اعتدال هوایی که دم زدن آن پایهٔ زندگی جانور است درآن نیست . ولی در جزایر رو به روی آنها آبادانی هست ، امّا اگر مردمان آنهارا آدمیزاد نشماریم روا باشد .

وهمچنین سرما درشمال اقلیم هفتم کشنده است ، وسختی و پایداری ودرازی زمان سرما، وانبوهی برفها که یا هرگز از روی زمین برنمی‌افتد یا زمان کوتاهی چنین‌است ،

[جدول اقليمها]

آغاز و میانه و پایان اقلیمها	درازترین روز		تعدیل روز			جیب تعدیل روز			جیب تعدیل روز تحویل شده			جیب گشادگی مشرق			جیب عرض			عرض بلد		
	دقیقه‌ها	ساعت‌ها	ثانیه	دقیقه	جزء	ثانیه	دقیقه	جزء	ثانیه	دقیقه	جزء	ثانیه	دقیقه	جزء	ثانیه	دقیقه	جزء	ثانیه	دقیقه	درجه
آغاز اقلیم اول	۴۵	۱۲	۳۰	۳۷	۵	۵۲	۵۳	۵	۲۸	۲۳	۵	۴۹	۳۶	۲۴	۱۳	۸	۱۳	۵	۴۹	۱۲
میانهٔ آن	۰	۱۳	۰	۳۰	۷	۵۴	۴۹	۷	۴۴	۱۰	۷	۵۸	۳	۲۵	۳	۱۱	۱۷	۳۴	۳۸	۱۶
آغاز اقلیم دوم	۱۵	۱۳	۳۰	۲۲	۹	۲۵	۴۶	۹	۳۳	۵۷	۸	۵۸	۳۷	۲۵	۱۶	۵۸	۲۰	۲۹	۲۷	۲۰
میانهٔ آن	۳۰	۱۳	۰	۱۵	۱۱	۲۰	۴۲	۱۱	۴۸	۴۳	۱۰	۱۳	۱۸	۲۶	۳۳	۲۸	۲۴	۳۰	۴	۲۴
آغاز اقلیم سوم	۴۵	۱۳	۳۰	۷	۱۳	۵۸	۳۶	۱۳	۵۳	۲۸	۱۲	۵۸	۳	۲۷	۸	۴۰	۲۷	۴۰	۲۷	۲۷
میانهٔ آن	۰	۱۴	۰	۰	۱۵	۴۵	۳۱	۱۵	۶	۱۴	۱۴	۲	۵۲	۲۷	۳۹	۳۵	۳۰	۲۷	۳۹	۳۰
آغاز اقلیم چهارم	۱۵	۱۴	۳۰	۵۲	۱۶	۱	۲۵	۱۷	۵۶	۵۷	۱۵	۱۹	۵۰	۲۸	۱	۱۳	۳۳	۵۶	۳۶	۳۹
میانهٔ آن	۳۰	۱۴	۰	۴۵	۱۸	۱۱	۱۷	۱۹	۴۵	۴۰	۱۷	۱۸	۴۹	۲۹	۱۱	۳۴	۳۵	۲۹	۲۱	۳۶
آغاز اقلیم پنجم	۴۵	۱۴	۳۰	۳۷	۲۰	۶	۸	۲۱	۲۵	۲۲	۱۹	۲۳	۵۱	۳۰	۲۰	۴۰	۳۷	۳۶	۵۳	۳۸
میانهٔ آن	۰	۱۵	۰	۳۰	۲۲	۴۰	۵۷	۲۲	۵۲	۲	۲۱	۳	۵۶	۳۱	۴۵	۳۲	۳۹	۵۲	۱۳	۴۱
آغاز اقلیم ششم	۱۵	۱۵	۳۰	۲۲	۲۴	۴۴	۴۵	۲۴	۵۵	۴۱	۲۲	۴۴	۲	۳۳	۴۹	۱۲	۴۱	۵	۲۳	۴۳
میانهٔ آن	۳۰	۱۵	۰	۱۵	۲۶	۱۴	۳۲	۲۶	۳۳	۱۹	۲۴	۱	۱۱	۳۴	۵۵	۴۱	۴۲	۸	۲۲	۴۵
آغاز اقلیم هفتم	۴۵	۱۵	۳۰	۷	۲۸	۱	۱۷	۲۸	۳۶	۵۵	۲۵	۲۷	۲۰	۳۵	۱	۱	۴۴	۲۶	۱۱	۴۷
میانهٔ آن	۰	۱۶	۰	۰	۳۰	۰	۰	۳۰	۰	۳۰	۲۷	۳۱	۳۰	۳۶	۴۱	۱۱	۴۵	۲۱	۵۲	۴۸
پایان اقلیم هفتم	۱۵	۱۶	۳۰	۵۲	۳۱	۲	۴۱	۳۱	۳۷	۲	۲۹	۱۳	۴۱	۳۷	۱۳	۱۴	۴۶	۳۴	۲۴	۵۰

مانع آن می‌شود که گیاه که مایهٔ زندگی جانوراست درآنجا بروید، مگرآنکه دراینجا نیز [مانند آن سوی اقلیم اوّل] نهاد جایگاه چنان باشد که سبب رویش گیاه شود.

در جایگاههای شمالی، به سبب سرما و برف، آبادانی ناپیوسته است. و در کنار دریایی که ازدریای محیط [اقیانوس اطلس] جدا می‌شود و به‌شمال سرزمین صَقالِبَه (اِسْلاوها) می‌رسد، و دریای ورنگ نام دارد، مردمانی سکونت دارند؛ چه آن مردمان درکنار این دریا و رو به روی آن سرزمینهای پربرف و بسیار سرد در جایی
۱٤٤ خانه کرده‌اند که سرما به‌آن اندازه نمی‌رسد، وکسانی از ایشان را می‌بینیم که در تابستان برای شکار ماهی و دریازنی به میان آن دریا می‌روند، و چندان در سوی قطب شمال پیش می‌روند که به‌جایی می‌رسند که درهنگام انقلاب صیفی خورشید بر روی افق ایشان گردش می‌کند، ومیان همگنان به اینکه چنین چیزی را دیده و به جایی رسیده‌اند که‌شب ندارد، برخود می‌بالند.

وامّا نبودن آبادانی در جاهایی از دوسوی شرق وغرب، که گزاف بودن سرما یا گرما ازآبادانی جلوگیری نمی‌کند، بدان سبب است که برآمدن خشکی وآبادانی از میان آب، همان‌گونه که پیشترگفتیم، به خواست خدا است و طبیعت را درآن دستی نیست. و به‌همین جهت است که پاره‌ای از زمین مخصوص آبادانی شده وآبها ازهرسو آن را فراگرفته وناگزیر از هردوسوی مشرق ومغرب آبادانی پایانی پیداکرده است.

و دریایی که درجنوب قسمت‌آبادان زمین‌است، یعنی از دریای محیط [اقیانوس کبیر] در مشرقهای چین برمی‌خیزد، برخطّ استوا، رو به روی چین و سپس هند و سپس ایران وسپس سرزمین اعراب کشیده می‌شود، و زبانه‌ای ازآن به قُلْزُم می‌رسد، وهرجا به نام سرزمینی که رو به روی آن است خوانده می‌شود. ونیز آن دریا که از دریای محیط [اقیانوس اطلس] در مغربهای سرزمین سیاهان از دماغهٔ به نام راسون برمی‌خیزد، در جنوب خطّ استوا رو به روی سرزمینهای سیاهان و سِفالَةُ الزَّنْج کشیده می‌شود، و خورشید و ماه و سیّارات برسمت‌الرّأس آن قرار می‌گیرد، و همین

سبب می‌شود که آب آن تُنُک باشد و حرکت در آن به روانی صورتپذیر باشد . ١٤٥

واما دریای محیط درسوی مغرب — که بیشترین آب همان است — پایاب فراوان دارد ، و در بیشتر جاها گودی آن اندك و آب آن چگال و همان «چشمهٔ گل‌آلود»[1] است ، و به همین جهت پیش رفتن در آن دشوار است و گذرگاههای آن شناخته نیست . و به همین سبب بود که هِرَقْل (هِرْکول) جبّار نشانه‌ها و ستونهای خود را در آن رو به روی اَنْدَلُس نهاد تا روندگان در دریا از آنها آن سوتر نروند ، و چنان است که گویی جایگاه این نشانه‌ها نخست برخشکی بوده وسپس ، به سببهایی که یاد کردیم یا سببی همانند آنها ، همه را آب فراگرفته است .

و یکی از دانشوران در نامه‌ای که به حمزة بن حسن اصفهانی دربارهٔ شگفتیهایی نوشته بوده است که درمغرب دیده ، چنین یاد کرده است که سوار بر کشتی از زِقاق ، یعنی تنگه‌ای که دریای شام را به دریای محیط می‌پیوندد گذشته ، و درجایی که دو کرانه از سوی اندلس و از سوی سرزمین طَنْجَه و سوس اَقصیٰ آشکار بوده ، به آب نگریسته ودر ژرفنای آن پلی از سنگها که به صورت طاق بسته شده بوده دیده است ؛ یکی از کسانی که درآنجا بودند گفته بود که این طاقها ساختهٔ اسکندر است ، و اندلسیان در جواب او گفته بودند : « لعنت بر اسکندر ! مگر او به سرزمین ما دست یافته بود تا بتواند چنین کند ؟ این از ساخته‌های هِرَقْل باستانی است » . وگمان ندارم که گذرگاه هِرَقْلیس (هِراکْلیس) که در کتاب جاوغرافیا آمده چیزی جز این باشد . و شك نیست که پل بیرون از آب بوده وآن را برای آمد و شد ساخته بوده‌اند و چون آب برآمده آن را فروگرفته است . ١٤٦

و امّا دریای محیط درسوی شرق ، تاریکی فراوان دارد و ایستاده است و کشتی

---

۱ - اشاره است به آیهٔ ۸۶ از سورهٔ کهف : «حَتّیٰ اِذا بَلَغَ مَغْرِبَ الشَّمْسِ وَجَدَها تَغْرُبُ فی عَیْنٍ حَمِئَةٍ . . . » ← [تا چون [ذوالقرنین] به جای فرو شدن خورشید رسید ، آن را دید که در چشمه‌ای گل آلود فرو می‌شود] .

نشستن بر آن بسیار سبب هلاکت می‌شود.

وگمان آن است که این دو دریای شرق و غربِ قسمت آبادان زمین جدا از یکدیگراست، ولی از داستانهای کشتی شکستگان این دو دریا چنان برمی‌آید که آن دو به یکدیگر پیوسته‌اند. و به روزگار ما چیزی پیدا شد که این تصوّر را نیرو بخشید بلکه مایهٔ اثبات آن شد. وآن اینکه در دریای محیط رو به روی جای پیوستن آن به دریای شام [مدیترانه] تخته پاره‌های کشتیهایی دیده شد که به جای میخ آهنین آنهارا با بند به یکدیگر پیوسته بودند، واین‌گونه کشتیها مخصوص دریای هند است، نه دریای مغرب، که به سبب فراوانی مغناطیس درآن به جای آنکه تخته‌های کشتی را با میخ آهنین به یکدیگر بپیوندند، با بند چنین می‌کنند. یافته شدن این تخته‌ها گواه برآن‌است که از محلّ پیوستن آن دو محیط از یکی به دیگری راه یافته است، و نمی‌شود که از راه دریای قلزم چنین شده باشد، چه درآنجا برزخی است [واز پیوستن دو دریای مشرق و مغرب جلوگیری می‌کند]؛ و نیز پیوستن این دو دریا ازسوی شمال دور می‌نماید، چه دراین صورت می‌بایستی تخته‌پاره‌های شکستهٔ کشتیهای دریای هند ازتنگهٔ گذرگاه شرقی این دریا بگذرد و بچرخد و رو به قطب شمال پیش زود واز بالای قسمت آبادان شمال زمین بگذرد وسپس رو به پایین بیاید. و باید دانست که هرشدنی بودنی نیست، وآنچه به تصوّر نزدیکتراست این است که پیوند آن دو [دریای محیط شرقی و دریای محیط غربی] از جنوب قسمت آبادان زمین باشد؛ و مخصوصاً کسانی که این پیوستگی
۱٤۷ را ازجنوب دانسته‌اند، از بلندی آب شرقی نسبت به‌آب غربی یاد کرده‌اند، و این چیزی است که از اندازه‌گیری ارتفاع آب قلزم نسبت به‌آنچه در دریای شام می‌ریزد [مثلاً نیل که پیشتر ذکر آن گذشت] دانسته شده است. و ممکن است که این بلندی به سبب افزایش آبی باشد که به علّت پیش آمدن آب به موازات حرکت ماه ازمشرق به مغرب با پیدا شدن مدّ حاصل می‌شود، یا سببهای دیگر داشته باشد که، اگر خدا به‌فضل خود یاری‌فرماید، ازآنها درکتاب ویژه‌ای دربارهٔ جزر ومدّ سخن‌خواهم گفت.

واینک به‌آنچه درآن بودم باز می‌گردم و می‌گویم : ازآن سوی جایی که پایان اقلیم هفتم دانستم ، تا جایی که عرض [جغرافیایی] با متمّم عرض میل اعظم برابر می‌شود [یعنی مدار قطب‌شمال] ، پیوسته مدّت درازترین‌روز رو به‌افزایش‌است تاآنکه سرانجام به بیست و چهار ساعت می‌رسد . و درازی و کوتاهی که برای درازترین روز حاصل می‌شود ، همانند درازی و کوتاهی بلندترین شب در انقلاب شَتْوی است . و چون از آن جایگاه درگذریم و به سوی شمال رویم ، تا زمانی که میل خورشید ازمتمّم میل اعظم بیشتر است ، خورشید بر زبر افق وگردا گرد آن می‌چرخد و همهٔ مدّتی که چنین است یک روز به شمار می‌آید . وبرای شناختن اندازهٔ این روز ، درجدول میل متمّم عرض مکان را پیدا می‌کنیم و شمارهٔ درجات متناظر با آن را به دست می‌آوریم ، که آن بُعد ۱٤۸
نقطهٔ مبدأ درازترین روز از نقطهٔ اعتدال ربیعی است و چون این بعد را از °۱۸۰ بکاهیم ، بُعد نقطهٔ پایان درازترین روز ازنقطهٔ اعتدال ربیعی به دست می‌آید . سپس میانهٔ خورشید (وَسَط الشّمس)[1] را از این دو حصّهٔ مُقَوَّم به اوج که برای وقت مفروض تصحیح شده است پیدا می‌کنیم که همان زمان این حرکت میانه در میان دو درآمدن خورشید به‌آن دونقطه است ، و این اندازهٔ درازترین روز درآن جا است . و هرچه به جانب شمال پیشتر رویم اندازهٔ آن بیشتر می‌شود و این افزونی‌را از روزهای دو ربع بهار و تابستان می‌گیرد ، و شب مقابل آن افزونی را از شبهای دو ربع پاییز و زمستان می‌گیرد ، تا اینکه درست به‌صورت خیالی در زیر قطب شمال‌آسمان قرارگیریم— چون عملاً رسیدن به چنین جا میسّر نیست — که دراین حالت تمام سال ، با حرکت آسیابی آسمان ، به صورت یک شب و یک روز درمی‌آید . و پیش از این از یافتن عرض مکان از روی درازترین روز و میل جزئی خورشید سخن‌گفتیم که نیازی به تکرار آن برای این جاها نیست .

---

۱ - برای بعد وسط الشمس و حصهٔ مقوم رجوع شود به‌کتاب **التفهیم لاوائل صناعة التنجیم** بیرونی ، چاپ شدهٔ به تصحیح استاد جلال الدین همائی ، صفحات ۱۱۸ - ۱۱٦ .

[یافتن گشادگی مشرق کلّی]

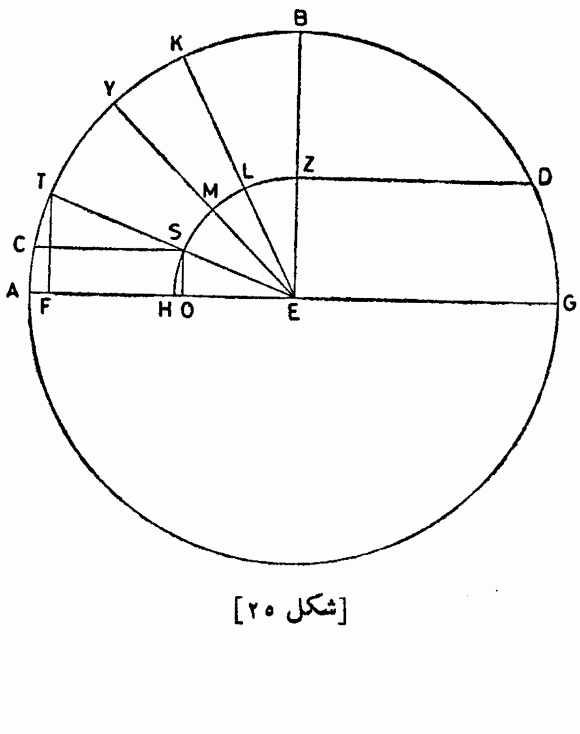
وازآنچه دربارهٔ آن سخن می‌گفتیم ، راهی ازحساب باز مانده‌است که محمّد بن صبّاح ازآن برای بیرون آوردن گشادگی مشرق کلّی از رصد کردن سه مشرق در پایانهای دو مدّت برابرِ پی در پی بهره گرفته است . این راه را درمقاله‌ای نیکو وبدون
۱۴۹ برهان آورده‌است، و من حساب وی را از روی همان مقاله یاد می‌کنم ،و درآن هنگام که‌مثالی‌ازآن برای‌بعضی ازرصدهای‌خود خواهم‌آورد، برهان‌آن‌نیزآشکارخواهدشد .

و امّا گفتهٔ او چنین است : گشادگی مشرق را ، هنگام برآمدن خورشید ، با عِضادَه‌ای که برصفحه‌ای به موازات افق نصب شده است ، اندازه می‌گیریم ، و دو برابر جیب آن‌را محفوظ می‌داریم [که محفوظ اوّل‌است] . پس‌از گذشتن نزدیک یک ماه ، بار دیگر اندازه می‌گیریم و دو برابر جیب را همچون محفوظ دوم نگاه می‌داریم . سپس باگذشتن مدّتی برابر با مدّت نخستین ، بدان شرط که هردو مدّت در یک ربع باشد ، اندازه‌گیری را تکرار می‌کنیم ومحفوظ سوم را به دست می‌آوریم .آنگاه محفوظ اوّل را درمحفوظ سوم ضرب می‌کنیم و، ازاین حاصل ، ضرب شدهٔ محفوظ دوم‌را در خودش می‌کاهیم ، و جذر باقی مانده را وَتَر مُسْتَخْرَج نام می‌نهیم . سپس دو محفوظ اوّل و سوم را برهم می‌افزاییم ، و نصف آن را در خودش ضرب می‌کنیم ، وآن را از ضرب شدهٔ محفوظ دوم در خودش می‌کاهیم ، و جذر باقی مانده را عمود نام می‌نهیم . سپس وتر مستخرج را در محفوظ دوم ضرب وحاصل را برعمود تقسیم می‌کنیم که آنچه به دست می‌آید جیب گشادگی مشرق کلّی است .

پیش‌از این راه یافتن میل جزئی‌را از روی گشادگی مشرق با دانسته بودن عرض
۱۵۰ بلد آوردم ؛ و صاحب عمل [یعنی محمّد بن صباح] ازآن جهت به رصدکردن‌گشادگی مشرق درکرانه‌های دو مدّت برابر پرداخته است که در دایرهٔ گشادگی مشرق قوسهایی با تفاضلهای برابر به دست آورد . و این درصورتی‌است که حرکت خورشید در دو

مدّت بایکدیگر برابر باشد ، ولی آنچه به رصد دیده می‌شود نابرابراست، واین برابری درصورتی فراهم خواهد شدکه خورشید در رصد دوم بر [نقطهٔ] اوج یانظیرآن [یعنی حضیض] بوده باشد . و این اختلاف ، درصورتیکه اندازهٔ مدّت کوچک باشد ، احساس نمی‌شود ، ولی کوچکی مدّت نقصی دریافتن گشادگی مشرق پدید می‌آورد، چه درآن به بزرگ بودن اختلاف درگشادگی و اندك بودن اختلاف در مسیر خورشید نیاز است ، ودرمدّت کوتاه چنین‌چیزی فراهم نمی‌آید . وچون‌میلهای اجزاء [درجات]همان گشادگی‌مشرقهای‌آنها درخطّ استوا است‌که دایره‌های نصف‌النّهار جایگاههای دیگرْ افقهای آن به‌شمار می‌روند، ما درآن میل‌را به‌کار می‌گیریم که رصد ما منحصر به‌همان بوده است .

وپیش‌از ذکر نمونهٔ عمل راه آن را بیان می‌کنیم : اگر ABG دایرةالبروج [شکل ۲۵] با مرکز E باشد ، ازنقطهٔ E خطّ EB را برقطر AG عمود می‌کنیم، و GD را برابر با میل کلّی جدا می‌کنیم و از D خطّ DZ را به موازات GE می‌کشیم . ازمرکز E با



[شکل ۲۵]

شعاع EZ دایرهٔ ZH را که دایرهٔ میل است رسم می‌کنیم، وسپس بر دایرةالبروج قوس AT را جدا می‌کنیم و خط EST را می‌کشیم و از دونقطهٔ T و S دو عمود TF و SO را
۱۵۱ بر AG فرود می‌آوریم؛ چون SC را به موازات EA رسم کنیم، AC میل قوس AT خواهد بود، چه در دو مثلّث ETF و ESO، نسبت TF به SO برابراست بانسبت TE به SE، و SE جیب میل اعظم است، و TF جیب قوس جدا شدهٔ ازنقطهٔ اعتدال A، و ET جیب کلّی، وبنابرآن SO جیب میل قوس AT خواهد شد، زیرا در اوایل علم هیئت ثابت شده است که نسبت جیب قوس داده شده به جیب میل آن، همچند نسبت جیب کلّی به جیب میل اعظم است. و باآنکه SO جیب قوس SH است، از آنجا که EH جیب میل اعظم و ZSH میل اعظم و SH میل AC است، به آن نیازمندیم که میل را بردایره‌ای حساب کنیم که دورآن سیصد و شصت جزء باشد. پس یا باید AC را به حساب بیاوریم یا آنکه اندازهٔ SO را برحسب اجزاءِ جیب کلّی در دایرهٔ بزرگ به دست بیاوریم؛ پس می‌گوییم: نسبت نصف قطر ES، بنا برآنکه جیب میل اعظم باشد، به SO که به همین قرار حساب شده باشد، برابر است با نسبت ES بدان فرض که جیب کلّی باشد، به SO که به همین قرار حساب شده باشد، و این تحویل همان است که پیشتر ذکر شد. سپس دو قوس AY و AK را چنان اختیار می‌کنیم که TY و YK̄ بایکدیگر برابر باشد، و دوخطّ YME و KLE را رسم می‌کنیم که، درنتیجهٔ تشابه قوسها، دو قوس SM̄ و ML̀ نیز با یکدیگر برابر خواهد بود. وآنچه در اینجا درآن سهل انگاری می‌شود این‌است که دو قوس TY و YK را به سبب برابر بودن دو
۱۵۲ مدّت رصد با یکدیگر برابر می‌گیریم.

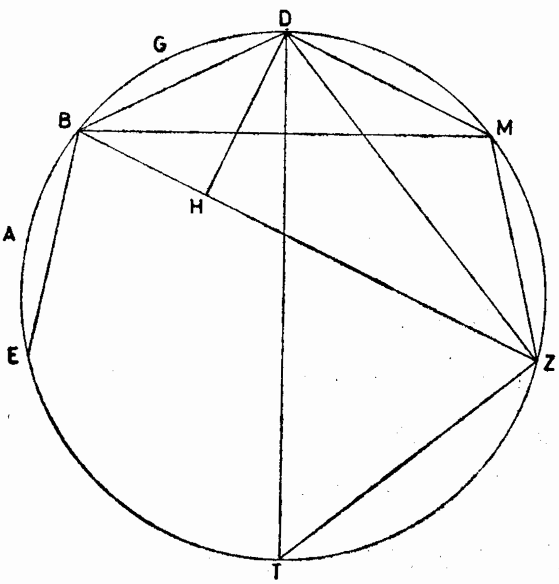
و پس‌از ذکر این‌مقدّمه به‌یادکردن عمل‌آن می‌پردازیم واز سه رصد ازارتفاعات نیمروزی سخن می‌گوییم که میان هردوتای آنها یک ماه فاصله بوده‌است: رصد نخستین برای یافتن ارتفاع نیمروزی روز چهارشنبهٔ سوم صفر سال چهارصد و هفت هجری مطابق بابهمن روز (دوم) ازمرداد ماه سال سیصد وهشتاد و پنج یزدگردی درخوارزم

صورت گرفت که آن را ″۱۱ °۶۹ یافتم ، وچون عرض بلد را ′۱۷ °۴۲ یافته بودم ، اندازهٔ میل ′۲۸ °۲۱ به دست آمد .

رصد دوم رصد ارتفاع نیمروزی جمعهٔ بهمن روز (دوم) از شهریور ماه همان ۱۰۲
سال بود که این ارتفاع ′۴۳ °۶۱ شد ومیل ′۰ °۱۴.

رصد سوم ارتفاع نیمروزی یکشنبهٔ بهمن روز (دوم) از مهر ماه همین سال‌بود که ارتفاع ′۵۵ °۵۰ به دست آمد و میل ′۱۲ °۳ . و بهتر است که این سومی را اوّل بنامم و اوّلی را سوم ، نه به ضرورتی، بلکه از آن جهت که نزدیکترینِ به‌نقطهٔ اعتدال اوّلی باشد .

فرض کنیم ABGD دایرهٔ میل ونقطهٔ A بر آن نقطهٔ اعتدال باشد [شکل ۲۶].
قوس AB را برابر بامیل اوّل یعنی ′۱۲ °۳ وقوس AG را مساوی میل‌دوم یعنی ′۰ °۱۴ وقوس AD را مساوی میل سوم یعنی ′۲۸ °۲۱ جدا می‌کنیم ؛ سپس AE را برابر با AB و AZ را برابر با DE می‌گیریم و خط‌های BE و BD و BZ و DZ را رسم می‌کنیم، وعمود



[شکل ۲۶]

DH را بر BZ فرود می‌آوریم ؛ وتر BE دو برابر جیب میل اوّل یعنی محفوظ اوّل است
و اندازهٔ آن ۶° ۴۱′ ۱۵″ . و دو برابر جیب ȦG برابراست با وتر DZ، چه [قوس]
DZ مساوی DE است و AG نصف EBD است که خود مساوی DZ است ؛ وتر DZ
یعنی ۲۹° ۱′ ۵۰″ محفوظ دوم می‌شود . و به همین ترتیب وتر BZ مساوی با دو برابر
AD است ، چه اگر DM را به موازات ZB رسم کنیم ، قوس MZ برابر با قوس DB ،
۱۵۴ و قوس MḊ برابر با قوس BE می‌شود ، و بنابرآن قوس BDZ مساوی دو برابر مجموع
DB و BA می‌شود ، ونصف این دو برابر مجموعِ قوس AD است ، پس وتر BZ می‌شود
۴۳° ۵۴′ ۵۵″ که همان محفوظ سوم است .

خطّ ZBE خطّی منحنی[1] دراین دایره است، وچون خطوط MZ و MD را رسم کنیم ، چهار ضلعی ZMDB محاط در دایره به‌دست می‌آید،و بنا برآنچه درمقالهٔ اوّل از کتاب **مجسطی** آمده ، حاصل ضرب دو قطر MB و DZ در یکدیگر برابر است با حاصل جمع دوحاصل‌ضرب MZ در BD و DM در BZ؛ولی چون ZD با MB وهمچنین MZ با BD و MD با BE برابر است ، بنا براین مربّع ZD برابر می‌شود با حاصل جمع مربّع DB و حاصل ضرب ZB در BE ؛ و چون ZD وتر مثلّث قائم‌الزّاویهٔ به اضلاع DH و HZ است ، و از طرف دیگر BD وتر مثلّث قائم‌الزّاویهٔ به اضلاع BH و HD است ، پس مجموع دو مربّع ZH و HD برابر می‌شود با مجموع دو مربّع BH و HD و حاصل ضرب ZB در BE [یعنی $ZH^2 + HD^2 = BH^2 + HD^2 + ZB \times BE$] ، وچون مربّع HD را از دو طرف بیندازیم ، مربّع ZH برابر می‌شود با مربّع BH که برآن حاصل ضرب ZB در BE افزوده شده باشد . پس خطّ منحنی ZBE همچون خطّ مستقیمی می‌شود که در H به دو پارهٔ برابر ودر B به دو پارهٔ نابرابر تقسیم شده باشد ، و بنا برآن ZH مساوی مجموع HB و BE می‌شود . چون محفوظ اوّل BE را در محفوظ

۱ ـ این اصطلاح قدیمی‌است و ربطی به خط منحنی در معنی کنونی آن ندارد، و خط منکسری است که از دوتر دایره فراهم آمده باشد.

سوم BZ ضرب کنیم ، حاصل آن ۳‘۸۱۲‘۴۶۰‘۹۲۵ رابعه می‌شود ، وچون این‌مقدار ۱۰۰
را ازمربّع DZ که محفوظ ثانی و برابر با ۱۰‘۹۴۰‘۳۴۰‘۱۰۰ رابعه‌است بکاهیم ، مربّع BD مساوی ۷‘۱۲۷‘۸۷۹‘۱۷۵ رابعه به دست می‌آید که جذر آن ۸۴‘۴۲۷ ثانیه همان وتر مستخرج BD است . وچون H برنیمهٔ منحنی ZBE است ، و BE بعلاوهٔ BZ مجموع محفوظ اوّل وسوم است ، پس ZH که نصف مجموع آن دو است ، مساوی مجموع دو نصف آنها خواهد بود ، یعنی برابر است با مجموع جیب میل اوّل AB و جیب میل سوم AD ، که اندازهٔ آن ۲۵° ۱۸′ ۲۵″ ومربّع آن ۸‘۳۰۰‘۱۲۱‘۰۲۵ رابعه است ؛ چون این مقدار را از مربّع محفوظ دوم DZ بکاهیم مربّع DH مساوی با ۲‘۶۴۰‘۲۱۹‘۰۷۵ رابعه به‌دست می‌آید که جذر آن ۵۱‘۳۸۳ ثانیه اندازهٔ ثانیه‌های عمود است .

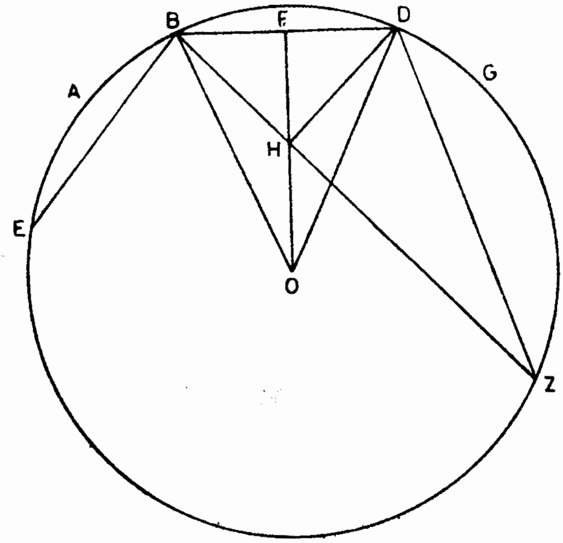
چون در دایره قطر DT و [وتر] ZD را رسم کنیم ، دو زاویهٔ DBH و ZTD که قوس ZD را درمقابل دارند ، با یکدیگر برابر می‌شوند ، و دو زاویهٔ TZD و DHB قائمه است ، پس دو مثلّث TZD و DHB با یکدیگر متشابه خواهد بود ، و بنابرآن نسبت BD به DH برابر است با نسبت DT به DZ ؛ پس چون BD اوّل [یعنی دراربعهٔ متناسبه] را که وتر مستخرج‌است ، در DZ چهارم که محفوظ دوم است ضرب کنیم ، ۸‘۸۲۳‘۴۶۵‘۷۷۰ رابعه به دست می‌آید ، وچون این مقدار را بر DH دوم که عمود
است تقسیم کنیم ، TD سوم برابر با ۴۷° ۴۲′ حاصل می‌شود که نصف آن ، ۲۳° ۵۱′ ۱۰۶
جیب میل اعظم است ، وقوس نظیر آن ۲۳° ۲۵′ ۱۹″ است که با اندازهٔ موجود اختلاف دارد ؛ واین اختلاف از دو راه پیدا شده است : یکی اینکه در اندازه‌گیری آن جیبها وجذرهای فراوان به‌کار رفته ، ودیگر سهل انگاری دربرابر گرفتن دو مدّت برای آنکه قوسهای BG و GD برابر درآید ، واین ممکن نیست مگرآنکه رصد میانین درست برخود اوج یا حضیض واقع باشد ، و این به روزگار ما غیرممکن است ، چه اوج وحضیض درنزدیکی دو منقلب است ، ومحال است که در دو طرف آنها دو قوس

۱۵۷ در ربع واحد بایکدیگر برابر شود که اختلاف میل کناره‌های آنها زیاد باشد.

ومحمّد بن صباح را روش دیگری بوده‌است که در نسخه‌ای از **مقالهٔ** وی که به دست من رسیده ، تباه شده است . و ابونصر منصور بن علیّ بن عِراق راه دیگری یافته است که یا همان اصلاح شدهٔ راه تباه شدهٔ محمّد بن صباح است ، یا خود راه دیگری است ، وآن این است : **درمجسطی شاهی** گفته‌است : گشادگی‌مشرق خورشید را رصد می‌کنیم و دو برابر جیب آن را همچون محفوظ اوّل نگاه می‌داریم ؛ و، به شرط آنکه از یک ربع تجاوز نکند ، آن اندازه که بخواهیم درنگ می‌کنیم وسپس بار دیگر گشادگی مشرق را رصد می‌کنیم و دو برابر جیب را همچون محفوظ دوم نگاه می‌داریم . دو محفوظ را بریکدیگر می‌افزاییم و نصف آن را در جیب کلّی ضرب و حاصل را برجیب تمام مسیر خورشید بر فلک البروج درفاصلهٔ دو اندازه‌گیری تقسیم می‌کنیم ؛ سپس این خارج قسمت‌را درخودش ضرب وحاصل‌ضرب دومحفوظ را ازآن می‌کاهیم و ازآنچه به‌دست آمده‌است جذر می‌گیریم واین جذر را در دوبرابر جیب کلّی ضرب وحاصل را بر دو برابر جیب مسیر خورشید برفلک البروج در فاصلهٔ دو اندازه‌گیری تقسیم می‌کنیم ؛ آنچه به دست می‌آید ، قطر دایرهٔ گشادگی مشرق کلّی‌است .

اگر برقیاس مثال پیش ، AB [شکل ۲۷] گشادگی مشرق اوّل و BG گشادگی مشرق دوم باشد ، و وتر دو برابر [قوس] AB یعنی BE را رسم کنیم ، این BE محفوظ
۱۵۸ اوّل است ، و BZ که وتر دو برابر [قوس] BG است محفوظ دوم .

ومثال‌آن چنین است : فرض کنیم AB میل اوّل از سه میلی باشد که آن را رصد کردم و اندازهٔ آن ۳° ۱۲′ است و بنا بر آن [وتر] BE می‌شود ۶° ۴۱′ ۵۵″ ، و BG میل‌دوم‌باشد که‌اندازهٔ‌آن ۱۴° ۰′ است وبنابرآن[وتر] BZ می‌شود ۲۹° ۱′ ۵۰″؛ چون [قوس] EBZ را در D نصف کنیم وعمود DH را بر BZ فرود آوریم ، ZH برابر با نصف مجموع [دو وتر] خواهد شد که ۱۷° ۵۱′ ۵۲″ است . و چون DG مساوی AB است، با BG نیز مساوی خواهد بود ؛ BD تفاضل دوگشادگی مشرق‌است ونسبت



[شکل ۲۷]

آن به‌ربع این‌دایره‌برابراست بانسبت‌مسیر پدیدار خورشید درمیان‌دواندازه‌گیری به‌ربع فلك البروج . واین مدّت که باتعدیل زمان تعدیل نشده سی روزاست، ومسیرخورشید بنابرزیج حَبَش ′۱۷ °۲۹ ومتمّم‌آن ′۴۳ °۶۰ است وجیب این‌متمّم ″۵۷ ′۱۹ °۵۲. اگر O مرکز این دایره باشد ، و [DO و] OB را رسم‌کنیم ، [زاویهٔ] DOB اندازهٔ مسیر خورشید میان دو اندازه‌گیری است ، و چون زاویهٔ DOB را باخط OF نصف کنیم ، زاویهٔ DOF نصف این مسیر و زاویهٔ ODF متمّم آن خواهد بود .

ولی زاویهٔ DOF نصف قوسی‌را درمیان داردکه زاویهٔ [محیطی] DZB نیز همان قوس را درمیان دارد ، پس این دو زاویه بایکدیگر برابر ، و دومثلّث DOF و DZH که زاویه‌های F و H درآنها قائمه است با یکدیگر متشابه می‌شود ؛ پس زاویهٔ DZH در دایره‌ای که محیط برمثلّث DHZ باشد ، می‌شود ″۳۰ ′۳۸ °۱۴ که نصف مسیر ۱۰۹
خورشید است ؛ و زاویهٔ ZDH که متمّم این زاویه است ″۳۰ ′۲۱ °۷۵ و جیب‌آن ″۵ ′۳ °۵۸ خواهد بود . و نسبت HZ به ZD برابراست با نسبت جیب زاویهٔ ZDH

به جیب زاویهٔ قائمه DHZ ؛ چون HZ را که نصف مجموع دو محفوظ است درجیب کلّی ضرب کنیم ، ۳٬۸۵۷٬۵۲۰ ثانیه حاصل می‌شود که از تقسیم آن بر جیب زاویهٔ ZDH، ۱۸° ۲۵′ ۵۵″ به‌دست می‌آید که اندازهٔ ZD است و مربّع آن ۴٬۴۰۲٬۹۸۶٬۰۲۵ رابعه می‌شود . وچون مربّع DZ برابراست باجمموع مربّع DB و حاصل ضرب ZB در BE، دومحفوظ را دریکدیگر ضرب می‌کنیم که حاصل آن می‌شود ۲٬۵۲۰٬۲۵۸٬۶۵۰ رابعه، و باکاستن این حاصل ازمربّع سابق ۱٬۸۸۲٬۷۲۷٬۳۷۵ رابعه می‌ماند که جذر آن ۳۴٬۳۹۰ ثانیه همان BD است . نسبت نصف ED ، یعنی BF ، به DO که نصف قطر دایره‌است، همچون نسبت DF است بنا بر آنکه جیب نصف مسیر خورشید باشد، به DO بنابر آنکه جیب کلّی باشد . چون DFرا درجیب کلّی ضرب کنیم ۱٬۳۰۱٬۷۰۰ ثانیه به دست می‌آید، واز قسمت کردن این مقدار برجیب نصف مسیر خورشید، یعنی ۱۵° ۹′ ۵۹″ ، اندازهٔ DO که نصف‌قطر دایره‌است، ۲۳° ۵۰′ ۲۸″ بیرون می‌آید که قوس آن ، یعنی ۲۳° ۲۴′ ۴۶″ میل اعظم است واندازهٔ آن نزدیک به‌اندازه‌ای
۱۶۰ است که از راه اوّل به دست آمد .

و درآنچه یادکردم، ازیافتن عرضهای شهرها ومیل اعظم ومیل جزئی وچیزهای وابستهٔ به‌آنها، از ارتفاعات نیمروزی و ارتفاعات با سمت وگشادگی مشرقها وقوسهای روز از روی یکدیگر ، همین اندازه برای آنچه خواست من بود بسنده است . اکنون کار عرض به پایان رسیده وآنچه مانده است کار طول است .

گفتار در شناختن اختلاف طول میان شهرها

چون عرض از نقطه‌ای که بالفعل وجود دارد ، تا دایره‌ای اندازه گرفته می‌شود که نسبت به‌آن نقطه موجود است ، آغاز و پایان آن محدود است . ولی چون طول ۱۶۱
براین دایره یا دایره‌ای موازی باآن اندازه گرفته می‌شود ، ودایره خطّ گرد پیوسته‌ای است ، و بالفعل نقطه‌ای برآن وجود ندارد مگر اینکه نقطه‌ای برآن فرض شود یا به چیزی جزآن دایره نسبت داده شود ، بنابراین طول بالفعل آغاز و پایانی ندارد . چیزی که هست ، چون برسراسر دایره آبادانی نیست ، این آبادانی از شرق و غرب پایانی دارد . وکسانی که دراین باره تحقیق کرده‌اند ، به این نتیجه رسیده‌اندکه دو پایان شرقی وغربی آبادانی تقریباً بر یک دایره از دوایری که بر دوقطب می‌گذرد واقع‌است ، وآبادانی درنیمی از پیرامون زمین گسترده شده ، واین خود اتّفاق نیکی‌است، چه چنان شایسته است که مسافت کمتر عرض نامیده شود ومسافت بیشتر طول .

و مردمان دو ناحیه [یعنی شرق و غرب] طولها را از پایان آبادانی پیموده‌اند : مردم چین وهند وایران از پایان شرقی ، ومردم روم ویونان ومصر از پایان غربی از پنج جزیره از جزایر دریای محیط معروف به اقیانوس و درمقابل سرزمین مغرب [یعنی مراکش] که به نام خالِدات و جزایر سُعَداء و جزایر سعادت خوانده می‌شود؛ واین جزایر ، باآنکه ازکرانه نزدیک دویست فرسخ فاصله دارد ، اوّل آبادانی است ، و
بَطْلَمْیوس بنا برهمین مبدأ پایان شرقی را برسرصد وهشتاد درجه قرار داده است . ۱۶۲

و امّا مردم مشرق نیز چنین کرده و طول آبادانی‌را نصف دور [یعنی °۱۸۰]

گرفته وآغاز آن را ازسوی خود شمرده‌اند . وازآن جهت طول آبادانی را نصف دور گرفته‌اند که کسوف واحدی از ماه که درمغرب پایان شرقی یافت شود، برمشرق پایان غربی نیز یافت خواهد شد ، ومیان طلوع وغروب تقریباً دوازده ساعت است .

وچون بین این دو مقایسه کرده‌اند ، معلوم شده است که طول موضع واحد بنا برمحاسبهٔ مردم مشرق ، از باز ماندهٔ طول بنا برمحاسبهٔ مردم مغرب ، ده درجه بیشتر است . وفَزاری در زیج خود این تفاوت را سیزده درجه ونیم دانسته‌است . پس چون آغاز طول از جزایر خالدات گرفته شود ، پایان نصف دور تا پایان شرقی به اندازهٔ همین زاویه فاصله پیدا می‌کند ؛ واگر آغاز از مشرق حساب شود ، پایان [نصف دور] برکرانهٔ دریا درمغرب می‌افتد و به‌آن جزایر نمی‌رسد . و به همین جهت طولهای شهرها اختلاف پیدا کرده وچنان شده‌است که طول بغداد را بعضی هفتاد درجه دانسته‌اند و بعضی هشتاد درجه .

معنی مطلق طول همین‌است، وبرای کشیدن نقشهٔ زمین به‌آن نیازمندیم وآن کس که به‌کاربردهای طول آشناست ،اگر به‌آنچه دربارهٔ آغاز وپایان آبادانی گفتم توجّه داشته باشد ، در محاسبهٔ آن گرفتاری پیدا نمی‌کند و زیانی به حسابهای او نمی‌رسد ؛ ۱۶۳
ولی آن کس که دراین کار به تقلید بس کند و ، با وجود آمیخته شدن اندازه‌های طول بنا برنظر شرقیان و غربیان در جدول واحد ، به این کار رسیدگی نکند ، محاسباتش — بویژه درکسوفهای ماه وخورشید — آشکارا نادرست درمی‌آید .

وآنچه در یافتن اختلاف طول شهرها بدان نیاز داریم ، دانستن فاصلهٔ میان آن شهرها است ، و چون این فاصله را به دست آوریم ، دیگر به‌آن آغازها و پایانها استناد نمی‌کنیم، بلکه ، اگر روزگار بدان گونه که به بطلمیوس ودانشوران پیش‌از وی روی خوش نشان داد به ما نیز چنین کند، می‌توانیم طولها را ازهمین راه تصحیح کنیم ؛ وچنانکه پیش‌از این یادکردم ، رسیدن به چنین کامیابی بسیار دور از دسترس است .

وامّا برای یافتن طولها و اینکه میان شهرها ، یعنی میان دایره‌های نصف النّهار

آن شهرها بر معدّل النّهار یا برمدارهای موازی و مشابه باآن ، چه اندازه [یعنی چند درجه] ازآن واقع است ، گوییم : در اوایل علم هیئت ثابت شده است که هردو شهر که سمت الرّأسهای آنها بر نصف النّهار واحد باشد ، بایکدیگر اختلاف طول ندارند و نیمروز آنها در یک زمان صورت می‌گیرد ؛ امّا طلوع و غروب ، درآن روزکه ١٦٤
که خورشید بر معدّل النّهار دوران می‌کند ، در هردو شهر یکسان است ، و چون خورشید ازمعدّل‌النّهار بیرون رود، اگر به سوی شمال باشد ، درشهری که شمالیتراست طلوع پیش‌از شهر دیگر وغروب پس‌ازآن خواهد بود ، واگر خورشید به‌سوی‌جنوب رود ، طلوع درشهر شمالیتر پس‌از شهر دیگر وغروب پیش‌ازآن خواهد بود.

وهردو شهرکه بر یک مدار واقع باشد ، بایکدیگر اختلاف عرض ندارد ، و فاصلهٔ میان دایره‌های نصف‌النّهارآن دو اندازهٔ اختلاف طول میان آن دوشهراست، واختلاف میان طاوع وغروب دراین دو شهر به همین اندازه است .

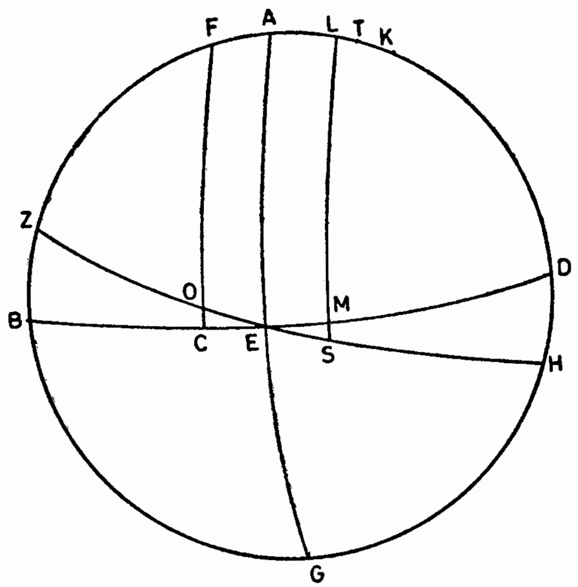
وهردو شهرکه نه بریک دایرهٔ نصف النّهار و نه بر یک مدار واقع باشند،هم طولهای آنها باهم اختلاف دارد و هم عرضهای آنها ؛ وفاصلهٔ میان دو دایرهٔ نصف‌النّهارآنها همان اختلاف طولهای آنها است . وامّا اختلاف درطلوع وغروب نتیجه‌ای از ترکیب اختلاف طول با اختلاف عرض است .

به همین جهت حال میان دوشهر ناگزیر برسه‌گونه می‌شود: اوّل یکی‌بودن عرض و نابرابر بودن طول ؛ دوم یکی بودن طول و نابرابر بودن عرض ؛ سوم نابرابر بودن طول وعرض هردو .

وامّا برابر بودن طول وعرض هردو [در دوشهر] ناشدنی‌است ، مخصوصاً اگر بنا برمحاسبه و تحقیق باشد نه آنکه به حسّ می‌نماید ، چه عرض و طول هردو نقطه ١٦٥
بر روی زمین با یکدیگر متفاوت است ، چیزی که هست اگر اندازهٔ این تفاوت اندك باشد ، اسبابهای اندازه‌گیری نمی‌تواند آن‌را نشان دهد . و بهتر آن است که این‌مطلب را از روی تصویری که چشم می‌تواند آن را ببیند روشن کنیم ، چه نفس آدمی از مثال

محسوس بهتر می‌تواند به تصوّر آنچه معقول است راه یابد .

فرض کنیم ، درحالت اوّل ، ABGD دایرهٔ نصف‌النّهار [شکل ۲۸]، و AEG نیمهٔ معدّل النّهار، و AT عرض شهر با افق BED ، و AK عرض شهری شمالیتر از T باشد که افق آن ZEH است . چون LMS یکی از مداراتی باشد که میل شمالی دارد ، آشکاراست که برآمدن خورشید درآن از افق ZEH برنقطهٔ S ، به اندازهٔ SM پیش از برآمدن خورشید از نقطهٔ M بر افق BED خواهد بود، و این SM فاصلهٔ دونصف‌النّهار دو شهر براین مدار [یعنی LMS] است .

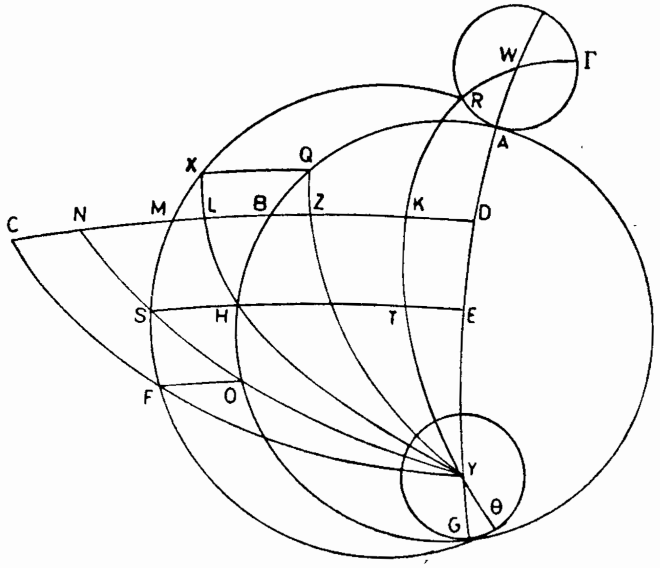


[شکل ۲۸]

حال مدار جنوبی FOC را که در جنوب معدّل النّهار است در نظر می‌گیریم . آشکاراست که ، برخلاف آنچه درمدار شمالی گفتیم ، برآمدن خورشید درآن درافق ZEH برنقطهٔ O پس‌از برآمدن از نقطهٔ C در افق BED خواهد بود ، و OC فاصلهٔ میان دو نصف‌النّهار دو شهر براین مدار است . ولی طلوع در معدّل النّهار برنقطهٔ E است که مشترك میان هردو افق است و بنابراین برآمدن خورشید در یک زمان واقع

می‌شود ؛ و این است مثال آنچه یادکردیم . ۱۶۶

و درحالت دوم، فرض کنیم ABG افق [شکل ۲۹] ، AEG دایرهٔ نصف‌النّهار، E سمت الرّأس ، DBC جزئی از معدّل النّهار با قطب شمالی Y و قطب جنوبی W، و ES جزئی از مداری باشدکه میل آن DE است . بر دو قطب Y و W دو مدار مماسّ برافق AR و θG را رسم می‌کنیم ، و برمدار ES نقطهٔ T را که سمت‌الرّأس شهری دیگراست در نظر می‌گیریم ، و بر T و W و Y دایرهٔ عظیمه‌ای را که Yθ جزئی از آن است



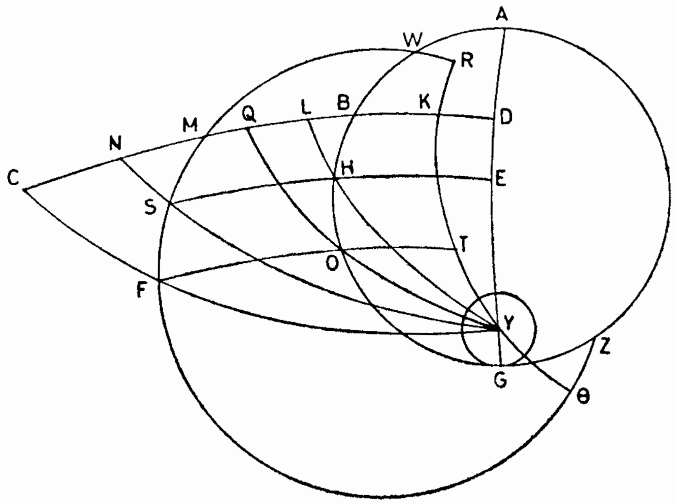
[شکل ۲۹]

می‌گذرانیم که دایرهٔ نصف النّهار T خواهد بود . چون به‌مرکز T و به شعاع ضلع مربّع [محاط در دایرهٔ بزرگ] ، نیمدایرهٔ RMθ را رسم کنیم ، TK و Yθ و WΓ که عرض نقطهٔ T است ، با DE برابر خواهد بود . وآنچه [یعنی زاویه] میان دو نصف‌النّهار دو شهراست، خواه برمعدّل النّهار یعنی [قوس] DK و خواه برمدار ES یعنی [قوس] ET، تفاوت‌طول میان آن‌دوشهراست. ET مشابه KD است، وتفاوت برآمدن خورشید برای آن دوشهر درمدار ES ، یعنی HS ، برابر با ET خواهد بود . اگر ازقطب Y دو ۱۶۷

قوس ȲHL و YSN را بر معدّل النّهار بگذرانیم ، چون اندازهٔ تعدیل روز برای مدار واحد درعرض واحد یکی‌است ، قوسهای BL و M̄N برابر می‌شود . D̄B و KM هریک برابر با ربع دایره است ، و بنابرآن DL مساوی با KN خواهد بود ، وچون K̄L را که در هردو مشترک است حذف کنیم ، دو قسمت باقی مانده یعنی DK و L̄N برابرخواهد بود ؛ ولی HS مشابه با LN است و ET مشابه با KD ، و بنا برآن HS مساوی ET̄ می شود .

حال فرض کنیم که طلوع درمدار دیگری شمالیتر از ES صورت بگیرد ، وآنچه ازاین‌مدار میان دوافق واقع‌است OF باشد . چون‌ازقطب Ȳ دوقوس YON و YFCرا برمعدّل‌النّهار بگذرانیم ، به علّت مساوی بودن دو قوس BN و DN ، MC با KC برابر می‌شود ، وچون قسمت مشترك KN را از هردو حذف کنیم ، باقیمانده‌های NC و KD با یکدیگر برابر خواهد بود ؛ OF با NC شبیه است و بنا برآن اختلاف طلوع دراین مدار به اندازهٔ قوسی است شبیه به تفاوت طول دوشهر . امّا در معدّل‌النّهار دوقوس DB و KM هردو ربع دایره است و چون KB را که درآنها مشترك است حذف کنیم ، BM مساوی DK خواهد شد . سپس فرض کنیم که QX̄ قسمتی از مداری جنوبیتر از ۱۶۸
مدار ES باشد ؛ چون از قطب Ȳ دو قوس ȲZQ و YLX را بگذرانیم ، به علّت برابر بودن دو قوس ZB و LM̄ ، دو قوس DZ و KL با یکدیگر مساوی است ، و با حذف کردن قسمت مشترك KZ ازآنها ، ZL برابر با DK خواهد بود . ولی QX شبیه به ZL است ، پس ET و QX متشابه خواهند بود . بنا براین اختلاف طلوع وغروب در دو شهرکه عرض یکسان داشته باشند ، به اندازهٔ [قوس] میان دو نصف‌النّهارآنهااست . ۱۶۹

و درحالت سوم ، ازاین شکل آنچه را به‌آن نیاز داریم دوباره چنان رسم می‌کنیم که T برمدار ES نباشد [شکل ۳۰] . دراین‌صورت TK یعنی عرض T بزرگتر از DE یعنی عرض E است و به همین جهت θ بر دایرهٔ G واقع نمی‌شود ، چه Yθ که مساوی TK است ، از YG که مساوی DE است بزرگتراست .



[شکل ۳۰]

ازقطب Y قوسهای پدیدآورندهٔ تعدیلهای روز را رسم می‌کنیم: LB تعدیل روز میل HL درعرض YG است ، ونسبت جیب BL به‌جیب کلّی برابراست بانسبت ظلّ معکوس LH به ظلّ تمام معکوس YG ؛ و MN تعدیل روز میل SN است ، و نسبت جیب MN به‌جیب کلّی برابراست‌بانسبت ظلّ معکوس NS به‌ظلّ تمام معکوس Yθ ؛ و با مرتّب‌کردن این نسبت مضطرب [1] می‌گوییم : نسبت جیب BL اوّل [در نسبت] به ظلّ LH دوم ، همچون نسبت جیب کلّی پنجم‌است به‌ظلّ تمام YG ششم ، ونسبت ظلّ NS مساوی با LH دوم‌به‌جیب MN سوم ، همچون نسبت ظلّ تمام Yθ چهارم‌است به جیب کلّی پنجم . پس با مساواتی که درنسبت مضطرب موجود است ، نسبت جیب

۱- برای نسبت مساوات مضطرب رجوع کنید به‌صفحات ۲۱ و ۲۲ ازکتاب **التفهیم** بیرونی ، چاپ و تصحیح استاد جلال‌الدین همائی . همین جمله را بدون توجه به نسبت مساوات مضطرب می‌توان چنین نوشت : از ترکیب این دو نسبت ، با درنظرگرفتن اینکه LH مساوی با NS است، چنین حاصل‌می‌شود که نسبت جیب BL به جیب MN برابراست با نسبت ظل تمام Yθ به ظل تمام YG.

۱۷۰ BL به جیب MN برابر خواهد شد بانسبت ظلّ تمام Yθ به‌ظلّ تمام YG. ولی‌متمّم Yθ کوچکتر از متمّم YG است وظلهای آنها نیز چنین‌است ، پس جیب BL کوچکتر از جیب MN می‌شود که قوسهای آنها نیز چنین خواهد بود . اگر این دو قوس مساوی بودند ، قوس $\bar{LN}$ با قوس DK برابر و قوس HS شبیه قوس $\dot{D}\acute{K}$ می‌شد ، و چون با یکدیگر برابر نیستند ، دیگر این تشابه وجود ندارد . ولی DL قوس نصف روز میل LH درافق شهر E است، و KN قوس نصف روز همین میل درشهر T ، وتفاضل‌میان آنها، یعنی LN فاصلهٔ میان دوطلوع درمدار ES است. و به‌همین ترتیب‌آشکار می‌شود که BQ تعدیل روز میل QO در افق شهر E ، باتعدیل روز MC مربوط به میل CF در افق شهر T برابر نیست، واختلاف دو طلوع آنها OF است که شبیه قوس QC تفاضل
۱۷۱ دو نصف روز DQ و KC آنها است . وآنچه در هرسه حالت کلّیّت دارد، این است که اگر طلوع یاغروب بردونقطهٔ تقاطع دو افق صورت‌گیرد، زمان آن درهردو شهر یکی خواهد بود . درحالت اوّل این امر در طلوع و غروب اعتدالی‌اصورت می‌گیرد ، امّا در دو حالت دیگر ، این‌گونه طلوع و غروب بر خطّ اعتدال نیست و از آن فاصله دارد .

وازآن جهت بحث دربارهٔ این‌دونقطه را تا پس‌ازشناختن طول به‌تأخیر انداختم که شناختن آنها جز باعرض وطول هردو میسّر نیست . وآشکاراست که اگر طلوع برقوس $\bar{LM}$ باشد، درشهر T که درمشرق شهر E واقع است زودتر صورت می‌گیرد ، واگر برقوس RW باشد ، طلوع درشهر T پس‌از شهر E واقع می‌شود .

وحقیقت این‌گونه چیزهارا جز کسی که درست ازعلم هیئت آگاه باشد، نمی‌تواند فهم‌کند ، و این‌گونه مسائل نظایری داردکه آن‌کس که بر برهان کارنکند ، درانکار آن شتاب می‌ورزد . مثلاً ، هنگامی‌که خورشید در درجهٔ بیست و چهار از برج دلو باشد، چون درعرض سی وشش درجهٔ شرقی فرض شود ، ارتفاع آن چهل‌و دو درجه باشد، وطالع آن در نه درجه از جوزا است ؛ و نیز اگر چهل ودو درجهٔ شرقی فرض

شود وخورشید در درجهٔ بیست وسه از حوت باشد ، بازهم طالع در نه درجه ازجوزا خواهد بود . ولی آن کس که این را نداند ، چنان می‌پندارد که از طالع اوّل در جهت توالی بروج فاصله‌ای است تقریباً برابر باپیشی جایگاه دوم خورشید ازجایگاه اوّل آن. ۱۷۲
و ابونصر منصور بن علیّ بن‌عِراق در این باره رساله ای برای من نوشته است که آنچه در این معنی باید گفته شود در آن آمده است .

و اکنون می‌گویم : اگر خواسته باشیم دوری شهری را از شهر دیگر از جهت طول بدانیم ، به شناختن لحظهٔ واحدی از زمان درآن هردو شهر نیازمندیم ، و چون به سبب اختلاف طلوع وغروب ، آغاز ومیانه وپایان روز وشب درشهرها با یکدیگر مختلف‌است ، یافتن لحظهٔ واحدی در دو شهرِ دور از یکدیگر از روی مقداری که از روز یا شب گذشته ممکن نیست ، مگر اینکه طلوع و غروب خورشید در محلّ تقاطع افقهای آن دوشهر صورت بگیرد .

و دیگر اینکه کروی بودن زمین وآب ، وکوهها و دره‌هایی که میان شهرها فاصله می‌شود، وکوچک شدن زاویهٔ دید که چون ازحدّ خود بگذرد از دریافت‌بصری جلو می‌گیرد ، مانع آن می‌شود که با یک علامت زمینی چنان کنند که لحظهٔ واحدی در هردو شهر شناخته شود . بدین جهت اندکی از زمین بالاتر به‌هوا متوجّه می‌شویم و می‌گوییم: زمان پیدا شدن حادثه‌ای در جوّ ــ که کمیِ فاصلهٔ آن از زمین بسامی‌شود که مانع آن است تا در دوشهر در یک زمان رؤیت شود ــ ناشناخته‌است ، چه آگاهی ۱۷۳
قبلی از پیدا شدن رعد وبرق وستارگان دنباله‌دار نداریم ، و به همین جهت باید به‌بالاتر ازآن توجّه کنیم .

وامّا ازحوادث آسمانی ، نخستین آنها طلوع و غروب است که دانسته نیست و هم‌اکنون به‌تحقیق دربارهٔ آن پرداخته‌ایم . واز دیدن هلال ماه نیزکه به‌طلوع وغروب بستگی دارد وجز کسی که دراین‌باره دانایی تمام داشته‌باشد ازآن آگاه‌نیست ، نیز سودی برنمی‌خیزد . وامّا کسوف خورشید ، ازآن جهت که این کسوف عارض بر ذات

خورشید نمی‌شود بلکه برچشمهایی که بر آن می‌نگرد عارض می‌شود ، وماه که خورشید را می‌پوشاند از آن دور و به نگرندگان نزدیک است ، ودیگر اینکه جاهای نگرندگان به‌کسوف مختلف است و به همین جهت اندازهٔ کسوف واندازهٔ زمانی وپایان آن برای نگرندگان متفاوت است ، از کسوف خورشید نمی‌توان در این بحث سود جست . امّا کسوف ماه ، بدان جهت که بریده شدن نور خورشید از آن بدان جهت است که زمین میان آن و خورشید حایل می‌شود ، امری است که بر ذات ماه عارض می‌شود ، وکسانی که از جاهای مختلف به‌آن می‌نگرند ، آن را همان‌گونه که هست و در وقت خود
۱۷٤ می‌بینند ، شایستهٔ اعتماد است و اصحاب صناعت در یافتن و درست کردن طولها از آن مدد گرفته‌اند ، جز ابوالفضل هَرَوی که از دانشمندترین پیشینیان درصناعت نجوم است که درباب دهم از مقالهٔ نخستین کتاب **المدخل الصّاحبی** به خطا رفته وگفته است : «راه رسیدن به طولها از کسوفهای خورشید است ، چه ثابت شده است که کسوف خورشید هنگامی صورت می‌گیرد که ماه نسبت به خورشید محاذی مرکز زمین واقع شود ، وما خود بر مرکز زمین جای داریم» ، وبنای ساعتها را برهمین نهاده‌است .

و به جان خودم سوگند که ، اگر ما درحقیقت درمرکز زمین جای داشتیم ، سخن همان بود که وی گفته است ، ولی ما درمرکز زمین جای نداریم و پوشانندهٔ [خورشید یعنی ماه] چندان به زمین نزدیک است که با دور بودن از مرکز زمین اندازهٔ آن احساس می‌شود و به همین جهت منظر آن [در جاهای مختلف] مختلف می‌شود . و بسا باشد که محاذی قرارگرفتن خورشید وماه و مرکز زمین که سبب کسوف است ، درجایی سبب رؤیت کسوف شود ولی در بیشتر شهرهای روی زمین اثری از این کسوف نباشد . و بسا باشد که کسوف خورشید بر روی زمین دیده شود و سبب آن محاذی قرارگرفتن ماه با مرکز زمین نباشد . و نمی‌توان این کیفیّت را بااین گفته رد کرد که میان آنچه حقیقت است وآنچه به‌حس دریافت می‌شود ارتباطی نیست ، چه وارسی زیجها می‌توانسته
۱۷۵ است به او [هَرَوی] چیزی را نشان دهد که درنتیجهٔ آن ازسخن خود بازگردد .

سپس می‌گویم: چون از کسوف ماهی که باید صورت بگیرد از پیش آگاه باشیم، و بخواهیم اندازهٔ اختلاف طول میان دوشهر را اندازه بگیریم ، ازپیش در هریک از دوشهر کسی را برآن می‌گماریم که وقتها را با اسبابها اندازه بگیرد و زمان آغاز کسوف و تمام شدن آن ، ونیز آغاز باز شدن کسوف (اِنْجِلاء) و پایان آنرا نگاه دارد و ثبت کند .

وکسوف هنگامی برای نگرنده آشکار می‌شود که مقداری ازجرم تاریک شود که بعضی ازصاحبان زیج آنرا یک انگشت — یعنی یک‌جزءِ از دوازده جزءِ جرم— دانسته‌اند که ازحیث ازمان ۱° ۴۹′ و ازلحاظ ساعت ۰ عة ۶′ ۱۶″ است، واین اندازه‌ای است که کسوف حقیقی برکسوف مرئی پیشی دارد ، یا باز شدن حقیقی از باز شدن دیداری پسی دارد . وچون این بسته به تحقیق وآزمایش است، ممکن‌است که صاحب این گفته [یعنی ابوالفضل هروی] سخن خود را بنا برهمین تحقیق وآزمایش گفته باشد . و به نظر من اندازهٔ یک انگشت دراینجا زیاد است، چه هرچند تماسّ میان سایه و ماه احساس نشود ، اندك تقاطعی قابل دیدن است ، درصورتیکه در خورشید چنین نیست ، چه چشم نمی‌تواند در برابر شعاع خورشید مقاومت کند و از آن به صورتی دردناك متأثّر می‌شود . چون آدمی به خورشید خیره شود چشمش از دیدن باز می‌ماند وحیران می‌شود، و به همین جهت است که به تصویر خورشید درآب می‌نگرند که جرم دیده می‌شود واز تشعشع آن می‌کاهد . وباید بگویم که چشم من درجوانی از رصدکردن ۱۷۶
کسوف خورشید آسیب پذیرفته است .

ولی محیط سایه تاریک و سیاهِ تمام نیست ، و به همین جهت است که رنگهای کسوفهای ماه گوناگون است . وسبب این آن‌است که گذرگاه ماه ازسایه [یعنی‌سایهٔ زمین] در جایی‌است که سایه ازآنچه سایه می‌افکند دوراست ، و از خصوصیّات سایه آن‌است که کناره‌های آن درنزدیکی آنچه سایه می‌افکند به خوبی آشکار است و چون [دور شود و] سایه با روشنی درآمیزد ، میان سایهٔ تمام و روشنایی خالص چیزی از

آمیختهٔ آن دو فراهم می‌شود که پهنایی دارد . و این کیفیّت درسایهٔ هرشاخص قائم و ملاحظه کردن آن قسمت ازاین سایه درنزدیکی محلّ قرارگرفتن شاخص ودرجایی‌دور ازآن آشکار می‌شود . سایهٔ زمین درآنجا [یعنی برسطح ماه درحالت کسوف] به‌علّت دور بودن آن از زمین ، چنین است و چیزی به رنگ دود آن را فرا گرفته است . پیرامون سایه تاریکی خالص نیست ، وگرنه به محض آنکه کوچکترین چیزی به آن نزدیک می‌شد احساس می‌شد ، همان‌گونه که فصل مشترك میان یک پارهٔ روشن و یک پارهٔ تاریک که ابعاد قابل مقایسه ندارند احساس می‌شود ، ولی این امر برای همهٔ نگرندگان یکسان است ، و هرچه برای یکی پیش آید ، برای دیگری نیز همانند یا نزدیک آن پیش خواهد آمد .

۱۷۲ ومارا به‌یادکردن از ساعتهای معروف به مُعْوَج[1] که ازآن سخن گفته‌اند نیازی نیست ؛ چه عمل آن [یعنی کسوف ماه] شبانه‌است وساعتهای‌معوج بااسبابهای سایه‌داری معلوم‌می‌شود که تنها بانور خورشید کارمی کند . وتردید نیست که‌ساعتهایی‌که به‌کار برده می‌شود ساعتهای مستوی (برابر) است و مبدأ شمردن زمان درآنها سه است ، طلوع و غروب و میانهٔ آنها که تقریباً کسوف نیمه شب است ، ازآن جهت که ماه در نقطهٔ متقاطر خورشید قرار دارد .

کسوف یا درست درطلوع حقیقی صورت می‌گیرد ، یا درست درغروب‌حقیقی ، یا درست در میانهٔ آسمان ، یا در نقطه‌ای میان این سه نقطه . و ساعت کسوف رصد شده یا برحسب مقداری‌است که از اوّل شب یا از نیمشب گذشته ، یابرحسب مقداری که به‌آخر شب یا نیمشب باقی مانده است ، و به این ترتیب نگاهداری وقت کسوف هفت صورت پیدا می‌کند . واگر وقتی را که یک رصدکننده نگاه داشته‌است باوقت رصدکنندهٔ دیگر مقایسه کنیم ، با درنظرگرفتن این امر که هریک ازآن دو ممکن‌است به یکی از هفت صورت وقت را معیّن کرده باشد ، ازترکیب آن دو صورتهای چندی

---

۱ ـ برای ساعت معوج و مستوی رجوع کنید به **التفهیم** ، ص ۷۰ .

فراهم می‌شود که شمارهٔ آنها حاصل جمع اعداد طبیعی از یک تا هفت است و ازضرب کردن هفت در نصف هفت و یک حاصل می‌شود و برابر با بیست وهشت است . و برای ترکیب هردو زمان ، می‌توان دو شهر را با یکدیگر عوض کرد که بدین ترتیب
۱۷۸ شمارهٔ ترکیبات به پنجاه و شش می‌رسد . و درهریک از این حالات ، ممکن است که عرض هردو شهر معلوم باشد، یا عرض هردو مجهول باشد ، یا عرض یکی معلوم واز آن دیگری مجهول باشد که دراین حالت اخیر احتمال مبادله کردن دو شهر با یکدیگر نیز هست . و این چهار صورت است که چون برهریک از احتمالات سابق بار شود دویست وبیست وچهار صورت پیدا می‌شود، واین نتیجهٔ تقسیم است ونیازی به‌استقراء ندارد ، و همان‌گونه است که تقسیم منطقی ابو زکریّا یحییَ بن عَدی را برآن داشت که‌بگوید ازترکیب حروف جملهٔ «اِنّ القائم غیرالقاعد» با پس‌وپیش کردن حروف‌آن می‌توان شانزده هزار وسیصد وهشتاد وچهار صورت ترکیب کرد، وکسی اشتباه اورا درضرب گرفت وگفت که حاصل هجده هزار وچهارصد وسی و دو صورت است ، و ابوالقاسم حسولی آن‌را بیست وپنج هزار وهشتاد وهشت دانست؛ و ابوسهل عیسی بن یحییَ المسیحی درنامه‌ای به من نوشت که این‌عدد صد وبیست وهشت هزارهزارهزارو چهارصد و پنجاه هزار هزار و پانصد و شصت هزار است ، و زمانی دیگر نوشت که به عددی بسیار بزرگتر ازاین رسیده و وعده کرد که نتیجهٔ عمل‌را برایم بفرستد .

۱۷۹ واین ترکیبات مختلف ازآن جهت بایکدیگر تمایز دارند که آنچه نسبت به‌خطّ میانهٔ آسمان تعیین شود ، نیازی به دانستن عرض دو شهر یا یکی ازآنها ندارد ، ازآن جهت که دایرهٔ نصف النّهار یکی از افقهای فلک مستقیم است وعرضی ندارد ؛ ودر آنچه از یک سو به خطّ میانهٔ آسمان و ازسوی دیگر نسبت به افق نسبت داده شود، به دانستن عرض شهر این افق نیاز است ، و درآنچه از هردو سو به افق نسبت داده شود ، ناگزیر باید عرض شهرهای این دو افق دانسته باشد . و دیگر اینکه بعضی از ترکیبات ، درصورتیکه حالت آنها در دو ربع شرقی و غربی این سو و آن سوی خطّ

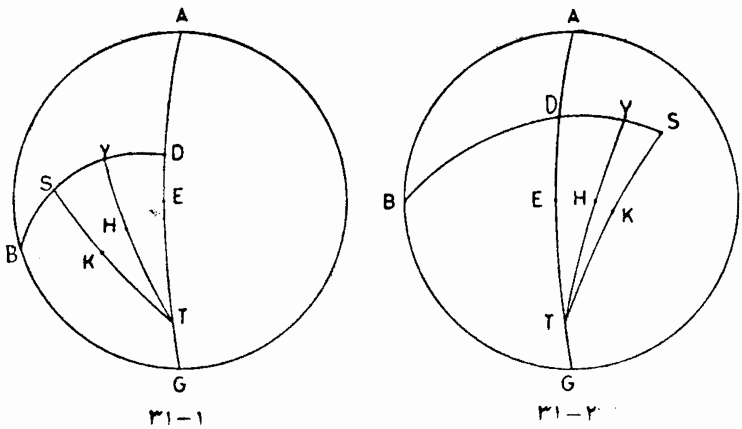
میانهٔ آسمان مشابه باشد ، قرینهٔ یکدیگر می‌شوند [و بحث دربارهٔ یکی همچون بحث دربارهٔ دیگری است] .

واما آنچه درآن نیازی به یکی از دو عرض پیدا نمی‌شود ، شش است ؛ دوتای ازآنها مفرد است و چهارتا متقارن و دارای دو صورت که روی هم رفته می‌شود چهار صورت : اول آنکه در هردو شهر کسوف برخط وسط آسمان اتفاق افتد ؛ دوم آنکه در هردو شهر کسوف پیش از نیمشب حادث شود ، و قرینهٔ آن است اینکه در هردو پس از نیمشب باشد ؛ سوم آنکه در یکی برخط وسط آسمان باشد ودر دیگری پیش از نیمشب ، وقرینهٔ آن است اینکه در یکی بر خط وسط آسمان باشد ودر دیگری بعداز نیمشب ؛ و چهارم آنکه در یکی از دو شهر کسوف پیش از نیمشب اتفاق افتد و در دیگری پس از آن .

و اما اول ازاین چهار حالت که درآن کسوف ماه درهردو شهر با هم برخط
۱۸۰ میانهٔ آسمان واقع شود ، هنگامی است که میان آن دو شهر – به شرط آنکه در یک ربع [از محیط کرهٔ زمین] باشند – اختلافی در طول نباشد ، که ناگزیر عرض آن دو شهر بایکدیگر مختلف است وگرنه لازم می‌آید که هردو شهر در یک نقطه قرارگرفته باشند ، و محال است که از وجود کوهها بتوانیم تأویلی برای این امر پیدا کنیم[1] ؛ وممکن نیست که [دوشهر] بر دو ربع باشند تا بر نصف النهار واحدی قرارگیرند و اختلاف طول آنها نصف دور [یعنی °۱۸۰] شود ، چه اگر کسوف برخط وسط آسمان شب یکی ازآنها باشد ، درآن هنگام برنیمروز شهر دیگراست ، و اینکه کسوف ماه برخط وسط آسمان درنیمهٔ روز واقع نمی‌شود امری است که به اثبات نیازی ندارد .

و در وضع دوم ، فرض کنیم ABG افق یکی از دو شهر [شکل ۳۱] ، و دایرهٔ نصف النهار این شهر AEG ، و سمت الرأس آن E ، و DB قسمتی از معدل النهار با

۱ ـ عبارت اصل چنین است : والتأویل له من الجبال محال ، و من نتوانستم معنایی برای آن پیدا کنم که مایهٔ آرامش خاطر باشد.



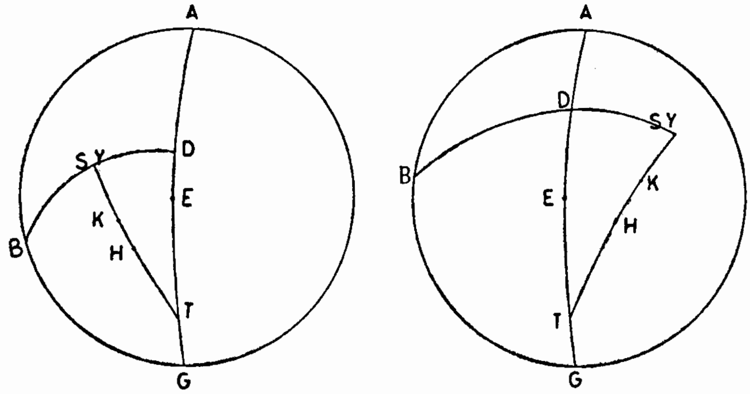
[شکل ۳۱]

قطب T باشد ، و THY جزئی از نصف النّهار شهر دیگر با سمت‌الرّأس H ، وکسوف در K اتّفاق بیفتد . چون TKS را رسم کنیم ، درتصویر اوّل [۱–۳۱] ، DS باقی‌ماندهٔ تا نیمشب درشهر E ، و SY باقیماندهٔ تانیمشب درشهر H خواهد بود . ولی درتصویر دوم [۲–۳۱] همین دو قوس نمایندهٔ اندازه‌ای است که از نیمشب گذشته است .

۱۸۱ تفاوت میان DS و YS یعنی DY همان [فاصلهٔ زاویه‌ای] میان دونصف‌النّهار شهرهای E و H است وتفاوت طول آنهارا نشان می‌دهد . وآشکاراست که اگر بازماندهٔ تامیانهٔ آسمان یا گذشتهٔ از آن درهردو شهر یکی باشد ، آن‌دوشهر بریک نصف النّهار واقعند واختلاف طول ندارند و وضع به صورت حالت اوّل بازگشته است .

ودر وضع سوم [شکل ۳۲] ، فرض کنیم کسوف برنصف‌النّهار شهر H اتّفاق افتاده ، که درتصویر اوّل [۱–۳۲] مقدار ماندهٔ به نیمشب شهر E و در تصویر دوم [۲–۳۲] مقدارگذشتهٔ از نیمشب این شهر قوس DS است که درست همان تفاوت طول آن دوشهر است .

۱۸۲ و دروضع چهارم [شکل ۳۳] ، TKS میان دونصف النّهار E و H واقع می‌شود ، و YS اندازهٔ گذشتهٔ از نیمشب H و SD اندازهٔ بازماندهٔ تانیمشب E درتصویر اوّل

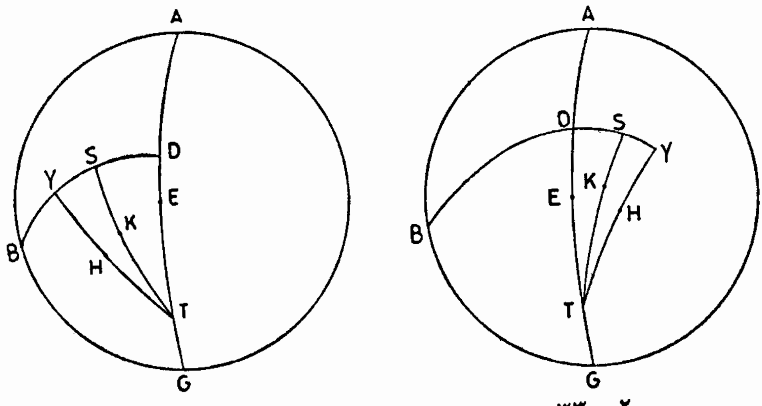


۳۲-۱ ۳۲-۲

[شکل ۳۲]

[۱-۳۳] است ؛ امّا در تصویر دوم [۲-۳۳] ، SY بازماندهٔ تا نیمه شب H است و SD گذشتهٔ از نیمشب E ، و مجموع این دو [یعنی YS + SD] تفاوت میان طولهای دو شهراست . واین بود شش صورت ازجملهٔ ترکیبات .

و امّا آنچه درآن تنها به دانستن عرض یکی از دو شهر نیاز است ، دوازده صورت است که با ملاحظهٔ تقارن به شش صورت خلاصه می‌شود . و ازآن جهت به یکی از دوعرض نیاز است و به دیگری نیازی نیست که یکی از دو وقت بسته به‌خطّ



۳۳-۱ ۳۳-۲

[شکل ۳۳]

وسط آسمان است که بااوضاع سابق شبیه می‌شود، و وقت دیگر از افقی حساب می‌شود ۱۸۳
که عرضی دارد و به‌همین جهت باید عرض دانسته باشد تا وضع وصورت معلوم‌شود.

نخستینِ ازاین شش صورت آن است که کسوف دریکی از دو شهر برخطّ وسط آسمان باشد، و زمان رصد شدهٔ درشهر دیگر زمانی باشدکه از اوّل شب‌گذشته‌است؛ وقرینهٔ آن است رصدکردن زمانی‌که به پایان شب مانده باشد.

دوم آنکه کسوف در یکی از دو شهر برخطّ وسط آسمان باشد، و در دیگری بر افق شرقی، که قرینهٔ آن است کسوفی که بر افق غربی باشد.

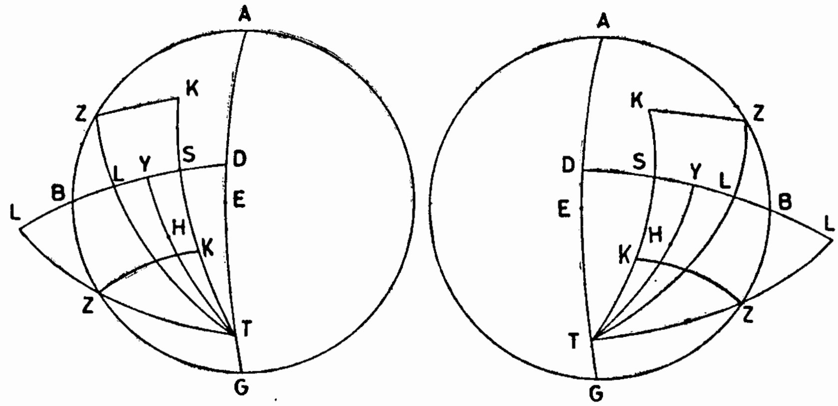
سوم آنکه زمان رصد شدهٔ در یکی از دوشهر مقدار بازماندهٔ تا نیمشب باشد ودر دیگری زمانی‌که ازآغاز شب گذشته است، و قرینهٔ آن است اینکه زمان رصد شدهٔ دریکی از دوشهر اندازهٔ گذشته از نیمشب باشد ودر دیگری آنچه به پایان‌شب مانده است.

چهارم‌آنکه زمان رصد شدهٔ در یکی ازدوشهر زمان‌بازماندهٔ‌تانیمشب باشد، و در دیگری کسوف بر افق مشرق صورت‌گیرد، و قرینهٔ آن است اینکه زمان رصد شدهٔ دریکی از دوشهر زمان گذشتهٔ از نیمشب باشد ودر دیگری‌کسوف برافق‌مغرب صورت گیرد.

پنجم آنکه زمان رصد شدهٔ دریکی از دو شهر زمان گذشتهٔ ازآغازشب باشد، ودر دیگری آنچه از نیمشب گذشته است، وقرینهٔ آن است اینکه زمان رصد شده دریکی از دو شهر بازماندهٔ تا نیمشب باشد ودر دیگری بازماندهٔ تا پایان شب.

ششم آنکه کسوف در یکی از دوشهر بر افق مشرق باشد، و در دیگری زمان
۱۸۴ گذشتهٔ از نیمشب رصد شود، وقرینهٔ آن‌است اینکه در یکی از دوشهرکسوف برافق مغرب واقع شود، و زمان رصد شدهٔ درشهر دیگر زمانی باشدکه به نیمشب باقی مانده است. واین بود اوضاع ششگانه‌که با تقارنْ دوازده صورت ازآن بیرون می‌آید.

برای اوّلین آنها: فرض کنیم K کسوف بر نصف النّهار شهر H اتّفاق افتد

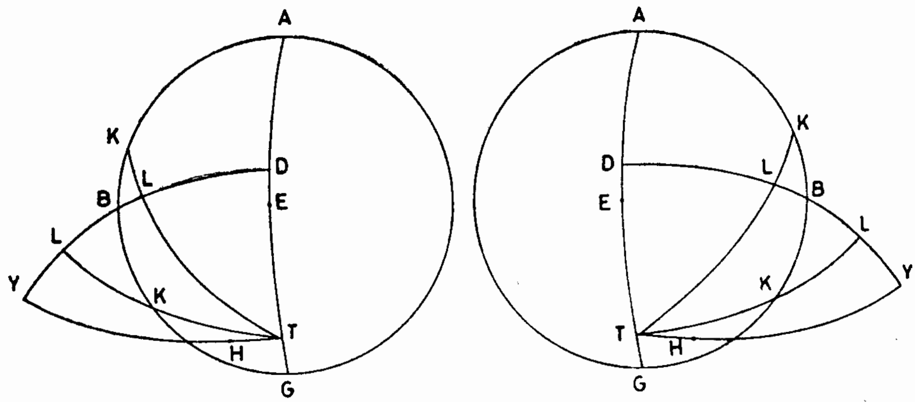


۳۸–۱ ۳۸–۲

[شکل ۳۸]

مفروض است به جای SL معلوم‌است . تفاوت میان SB و SY ، یعنی YB ، متمّم DB خواهد بود که تفاوت طول میان دو شهراست .

در وضع ششم : فرض کنیم : [شکل ۳۹] K کسوف واقع شده برافق E، LY زمان گذشته از نیمشب H درتصویر اوّل [۱–۳۹] ومانده به نیمشب درتصویر دوم [۲–۳۹] باشد ؛ BL تعدیل روزکسوف [شهر E] است . اگر [مدار کسوف] شمالی باشد ، BL را بر LY می‌افزاییم ، واگر جنوبی باشد ازآن می‌کاهیم تا YB به دست‌آید ؛



۳۹–۱ ۳۹–۲

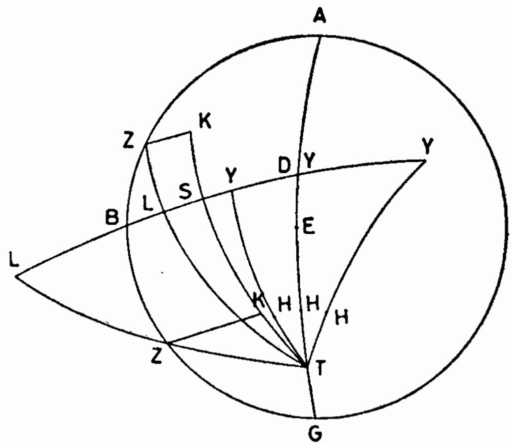
[شکل ۳۹]

۱۸۹ و اگر بر معدّل النّهار باشد ، LY که دانسته است همان YB خواهد بود ؛ و چون بر YB ربع [دایرهٔ] DB را بیفزاییم ، اختلاف طول DY میان دو شهر به دست می‌آید .

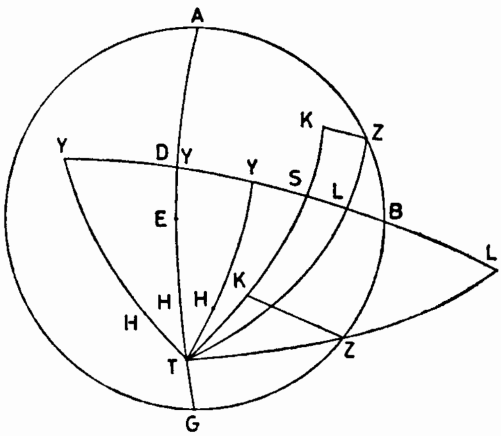
واین بود دوازده وضع که به علّت تقارن به‌شش وضع درآمد . بنابراین [با در نظر گرفتن اوضاعی که پیشتر ازآنها یاد شد] ، از بیست وهشت صورت ، ده صورت باقی می‌ماند که هشت صورت ازآنها متقارن است و دوتا ساده ، و بدین جهت وضعهای این نوع شش می‌شود : اوّل آنکه زمان ثبت شدهٔ [برای کسوف] در هرشهر زمان گذشتهٔ ازآغاز شب باشد ، که متقارن آن‌است اینکه درهردوشهر زمان ماندهٔ به‌پایان شب باشد ؛ دوم آنکه کسوف درهردو شهر بر افق شرقی درآغاز شب حاصل شود ، و قرینهٔ آن است کسوفی که در هردو شهر در پایان شب بر افق غربی اتّفاق افتد ؛ سوم آنکه در یک شهر کسوف بر افق شرقی واقع شود و در شهر دیگر مدّتی ازآغاز شب گذشته باشد ، وقرینهٔ آن است کسوفی که در یک شهر بر افق غربی واقع شود و ۱۹۰ درشهر دیگر مدّتی به پایان شب مانده باشد ؛ چهارم آنکه زمان در یک شهر بامقدار گذشتهٔ ازآغاز شب حساب شود وکسوف درشهر دیگر برافق غربی صورت‌گیرد ، و قرینهٔ آن‌است کسوفی که در یک‌شهر بر افق شرقی صورت گیرد و زمان‌آن در دیگری مدّتی به پایان شب مانده باشد ؛ پنجم آنکه زمان در یک شهر با آنچه ازآغاز شب گذشته حساب شود ، ودر دیگری باآنچه به‌پایان شب مانده است ؛ ششم آنکه کسوف در یک شهر بر افق شرقی باشد ودر شهر دیگر بر افق غربی . و این بود شش وضع .

در وضع اوّل : فرض کنیم [شکل ۴۰] MO قسمتی از افق H باشد ، و KZM مدارکسوف . چون TZL و TMF را رسم کنیم ، اندازهٔ زمان گذشتهٔ ازآغاز شب در شهر H ، قوس LF مشابه ZM است ، ودرشهر E قوس SF مشابه KM . وبرای‌آنکه شکل ، از بسیاریِ قوسها درهم نشود ، برای [مدار] جنوبی از هریک از صورتها تصویری جداگانه رسم می‌کنیم. BL تعدیل روزکسوف‌است درشهر E ، و OF تعدیل روزکسوف درشهر H ، که اگر عرضهای DE و YH بایکدیگر برابر باشند ، این‌دو

گذشتهٔ ازآغاز شب در تصویر اوّل [۱–۳۶] و بازماندهٔ تا پایان آن در تصویر دوم [۲–۳۶] ، و نیز SY بازماندهٔ تا نیمشب شهر H در تصویر اوّل وگذشتهٔ ازآن در تصویر دوم معلوم باشد ؛ BL تعدیل روزکسوف درشهر E است. اگر [مدارکسوف] شمالی باشد ، BL را از SL می‌کاهیم ، واگر جنوبی باشد برآن می‌افزاییم تا SB به دست آید . واگر مدارکسوف بر معدّل النّهار باشد ، [زمان] گذشته خود SB است . SB را بر SY می‌افزاییم ، که اگر این حاصل‌جمع [یعنی YB] یک‌ربع تمام شد دوشهر بریک



۱–۳۶

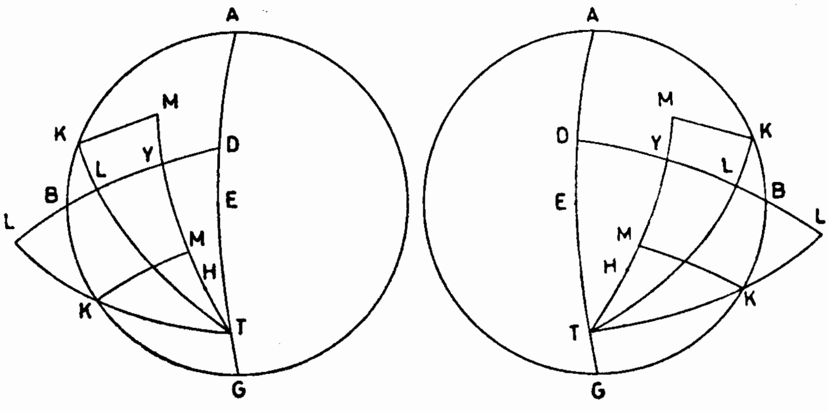


۲–۳۶

[شکل ۳۶]

نصف النّهار واقعند واختلاف طول ندارند، واگر چنین نشد، تفاضل میان این حاصل جمع و ربع [دایره] اختلاف طول خواهد بود . ۱۸۷

در وضع چهارم : فرض کنیم K کسوف بر افق E [شکل ۳۷] و LY مشابه با MK [زمان] ماندهٔ تا نیمشب H در تصویر اوّل [۱—۳۷] وگذشتهٔ ازآن در تصویر دوم [۲—۳۷] باشد . چون تعدیل روز کسوف BL را در صورت شمالی بودن [مدار کسوف] از LY بکاهیم، و درصورت جنوبی بودن برآن بیفزاییم ، YB به‌دست می‌آید

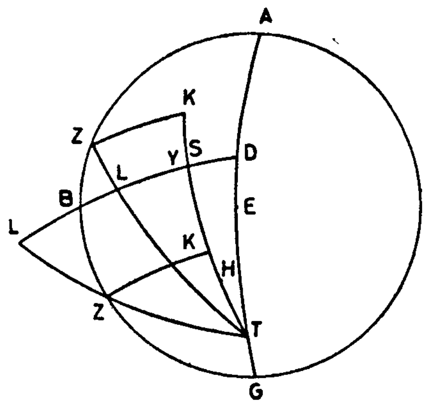


[شکل ۳۷]

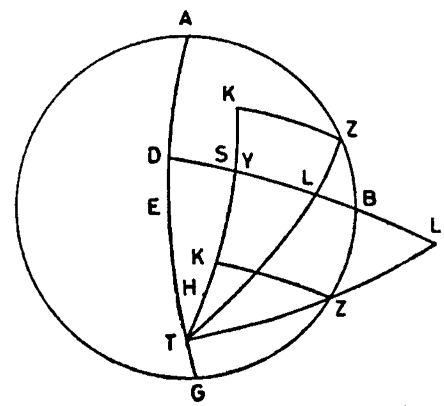
که متمّم آن DY تفاوت طولهای دو شهراست . وآشکار است که اگر کسوف بر معدّل‌النّهار اتّفاق افتد، YB ماندهٔ تا نصف‌النّهار شهر H یاگذشتهٔ ازآن همان متمّم DY خواهد بود .

در وضع پنجم : SL [شکل۳۸] مشابه KZ [زمان] گذشتهٔ ازاوّل شب درشهر E درتصویر اوّل [۱—۳۸] و ماندهٔ تا پایان آن درتصویر دوم [۲—۳۸] است، و SY ۱۸۸ گذشتهٔ از نیمشب H درتصویر اوّل وماندهٔ به‌آن درتصویر دوم است ، و BL تعدیل روزکسوف درشهر E . اگر [مدارکسوف] شمالی باشد، BL را از SL می‌کاهیم، واگر جنوبی باشد برآن می‌افزاییم تا SB به دست آید ، واگر بر معدّل النّهار باشد ، SB که

[شکل ۳٤] ؛ مدار کسوف را که KZ است ونیز TZL را رسم می‌کنیم ؛ پس SL مشابه KZ که اندازه‌ای است که درتصویر اوّل [۱–۳٤] ازآغاز شب گذشته ، و درتصویر دوم [۲–۳٤] به پایان شب مانده ، معلوم است ، و BL تعدیل روز کسوف در شهر E است که چون به دانستن آن نیاز داریم ، لازم است که عرض DE ازاین شهر معلوم باشد . پس‌از آنکه BL را به دست آوردیم ، اگر مدار کسوف شمالی باشد،این BL را از زمان گذشتهٔ SL می‌کاهیم ، و اگر جنوبی باشد برآن می افزاییم تا SB به‌دست آید که متمّم SD آن همان DY یعنی اختلاف طول دو شهراست . وآشکاراست که اگر مدار



۳۴–۱



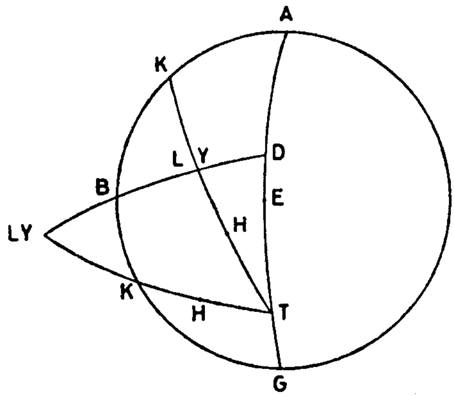
۳۴–۲

[شکل ۳٤]

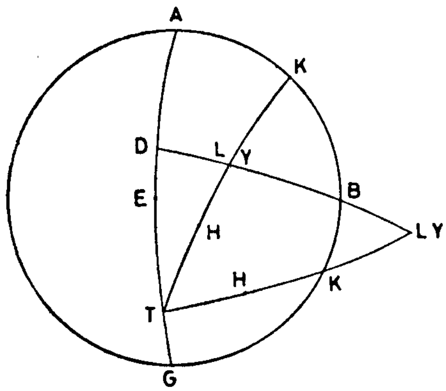
کسوف بر معدّل النّهار باشد، پارهٔ مدار آن خود متمّم اختلاف دوطول خواهد بود. ۱۸۵

در وضع دوم: فرض کنیم K کسوف مشترك برای افق شهر E ودایرهٔ نصف‌النّهار شهر H باشد [شکل ۳۵] . آشکار است که BL تعدیل روزکسوف در شهر E است . پس اگر [مدار کسوف] شمالی باشد ، BL را بر ربع DB می‌افزاییم ، واگرجنوبی باشد ازآن می‌کاهیم تا DY که تفاوت طول دو شهر است به دست آید . و اگر مدار کسوف بر معدّل النّهار باشد ، اختلاف طول دوشهر یک ربع تمام خواهد بود . ۱۸۶

در وضع سوم : فرض می‌کنیم SL مشابه با KZ [شکل ۳۶] اندازهٔ زمان

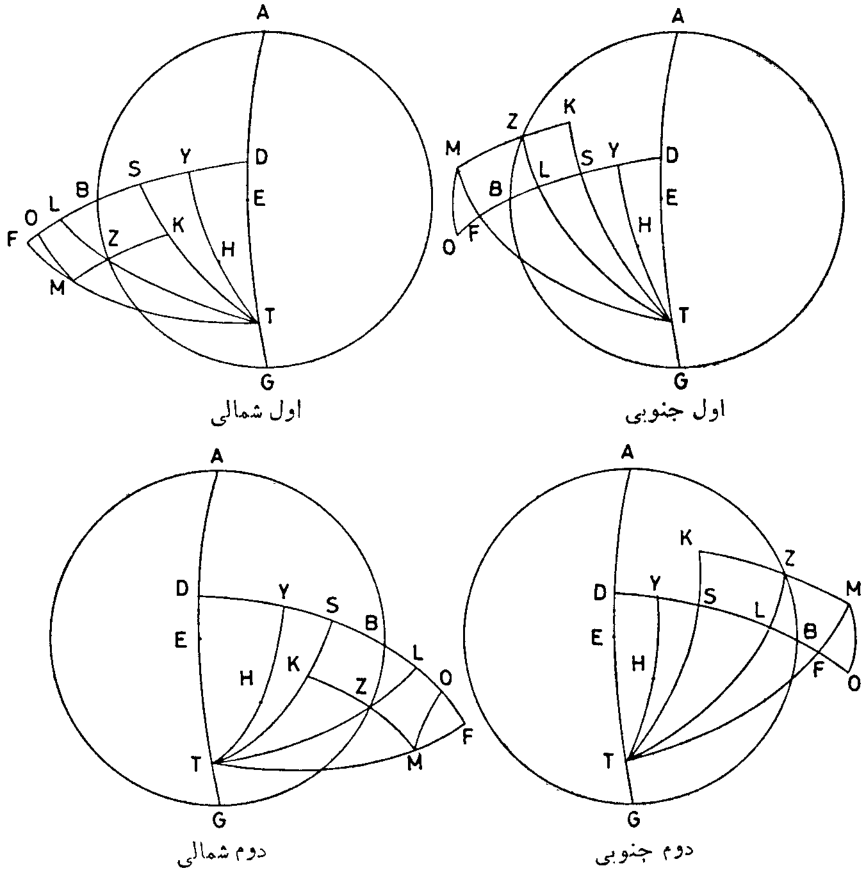


۳۵—۱



۳۵—۲

[شکل ۳۵]



[شکل ۴۰]

نیز برابر خواهند بود، وگرنه بایکدیگر اختلاف دارند. وچون SF و SL معلوم‌است، LF تفاضل آنها نیز معلوم است. اگر BL و OF با یکدیگر برابر باشد، یا کسوف بر معدّل النّهار صورت بگیرد، LF همان اختلاف طول دو شهر خواهد بود، چه LF مساوی OB است و DB و YO هردو ربع [دایره] است که چون قسمت YB را که در
۱۹۱ هردو مشترك است حذف کنیم، BO و DY با یکدیگر برابر درمی‌آید. و اگر [BL و OF] بایکدیگر برابر نباشند، وکسوف برمعدّل النّهار واقع نشده باشد، تعدیل روز کسوف در شهری که زمان گذشته آن ازآغاز شب بیشتر از شهر دیگراست، یعنی

OF را ، بر LF می‌افزاییم تا LO به دست آید ، وسپس از این LO تعدیل روزکسوف
درشهر دیگر یعنی BL را می کاهیم تا BO برابر با DY به دست آید[۱] . ۱۹۲

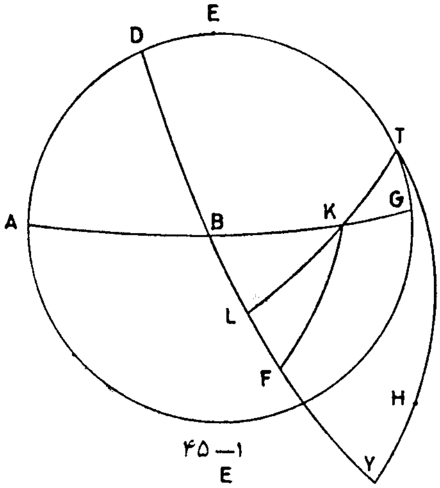
در وضع دوم : می‌دانیم که ناگزیر کسوف بر تقاطع افقهای دوشهر اتّفاق‌افتاده است . پس اگر میل خورشید صفر باشد، دوشهر بایکدیگر اختلاف‌طول ندارند، چه تقاطع برمحلّ برآمدن یا فرو رفتن نقطهٔ اعتدال صورت گرفته است ، و اگر دو شهر بر نصف النّهار واحدی باشند ، ناگزیر با یکدیگر اختلاف عرض خواهند داشت . واگرکسوف دارای میل باشد، فرض‌کنیم [شکل ٤١] KM جزئی از افق شهر H بوده باشد ؛ دراین صورت اگر میل شمالی باشد ، BS تعدیل روز کسوف در افق E و SM تعدیل روز کسوف در افق H خواهد بود، ومجموع این دو یعنی BM برابراست با DY اختلاف دو طول . واگر میل جنوبی باشد ، LB تعدیل روز کسوف در افق E و LM
تعدیل روز کسوف در افق H می‌شود ، و تفاضل این دو یعنی BM همان است که ۱۹۳
می‌خواستیم .

در وضع سوم : فرض‌کنیم [شکل ٤٢] کسوف K برافق E واقع شده و OM قسمتی از افق شهر H بوده باشد . پس LF مقدار زمان گذشتهٔ ازآغاز شب درشهر H درتصویر اوّل [١—٤٢] ومماندهٔ تا پایان شب درتصویر دوم [٢—٤٢] ، و BL تعدیل روز کسوف درافق E ، و OF تعدیل روزکسوف درافق H می‌شود، وآنچه می‌خواهیم یافتن OB مساوی DY است . اگر عرضهای دو شهر برابر باشدکه دراین صورت BL با OF برابر می‌شود ، یا کسوف بر معدّل النّهار واقع شود ، زمان گذشته یامماندهٔ LF مساوی OB خواهد بود . واگر عرضهای دوشهر برابر نباشد وکسوف میل‌شمالی داشته باشد ، BL را بر LF می‌افزاییم و از این افزوده OF را می‌کاهیم ، و اگر میل کسوف

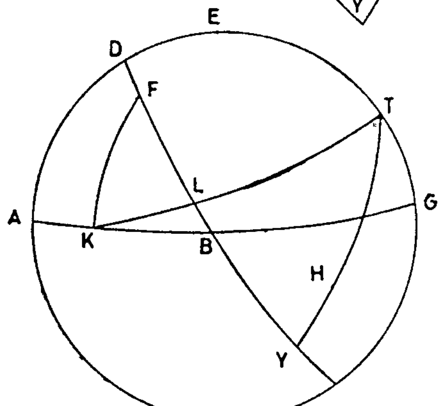
---

۱ ـ این قاعده تنها درشکل اول جنوبی و دوم جنوبی درست درمی‌آید . در دو شکل دیگر :

$$BO = LF - FO + BL$$



۴۵—۱



۴۵—۲

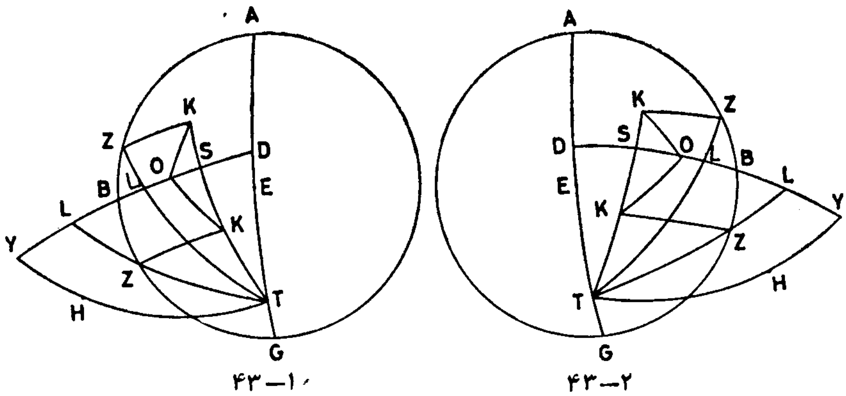
[شکل ٤٥]

و معتزلیان ، که به سبب دوری گزیدن از راههای برهان و پرداختن به ستیزه به هرصورت که پیش بیاید ، و بس کردن به ایجاد شکّ محض باگفتن جملهٔ «من که منکر نشدم» دچار سرگردانی شده‌اند، وهمین شکّ پایهٔ جدال و گفتگو ومایهٔ پروردن گفته‌های ایشان است نه جدا کردن حق از باطل ، ازاین سخن به هراس می‌افتند و از تصوّر آن ناتوان می‌مانند ، و به همین جهت کورکورانه به سفسطه می‌پردازند ، و از
شنیدن آنچه مخالف نهاده‌های ایشان است ، پیش از شناختن و فراگرفتن آن دچار ۱۹۸
وسواس می‌شوند . مثلاً پیشوای ایشان، ابوهاشم —که خدا شفایش بخشد!— بزرگواری

کرد وکتابی از ارسطو به نام **السّماء والعالم** خواند، وچون درآن کتاب به‌اینجا رسید که [سطح] آب شکل کروی دارد ، برگهای فراوانی دراین باره چیز نوشت ودرآنها یاداور شدکه آب به‌شکل ظرف خود درمی‌آید واگر درظرف چهارگوش باشد چهار گوش واگر درظرف پنج گوش باشد پنج‌گوش واگر در ظروف کروی باشد به شکل کره می‌شود . و نیکوترین پاداشی‌که می‌توانست داشته باشد ، همان بودکه اَبوبِشْر مَتّی بن یونس قُنّائی به‌وی داد ؛آن دو درمجلسی بایکدیگر رو به رو شدند وابوهاشم گفت که‌کتاب **السّماء والعالم** را نقض‌کرده‌است، و ابوبِشْر که چنین‌شنید آب‌دهان خود گرد کرد وآن را به ابوهاشم چشاند وگفت : «خدا چشمت را بازکند،این سخن نیازمند نمکی بود !» . و اگر من به جای او می‌بودم ، درگوشهایش اذان می‌گفتم و شستش را می‌گزیدم تا ازحالت صرع و بیهوشی بیرون آید . وسخن‌گفتن باایشان سودی ندارد بلکه تباه‌کردن وقت وعمراست . آنان پیشوایان خودرا ــ باوجود خطا کردن و مخالف ضرورت بودن ــ بیش‌از کسانی شایستهٔ بزرگداشت می‌دانند که به شهرهای یونان سفرکرده و به حقیقت دست یافته‌اند .

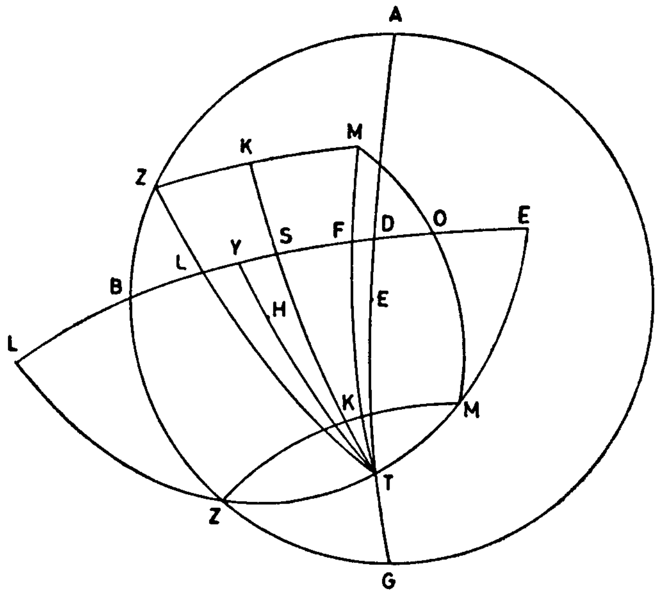
واین بود بیست وهشت ترکیب که‌آنهارا برشمردم ؛ و ازجاهای واقع برمعدّل‌ـ
۱۹۹ النّهار وعرضهای جنوبی بدان جهت سخن نگفتم و تنها به سرزمینهای شمالی پرداختم‌که هرکس اینها را فهم کند آنها را نیز می‌تواند تصوّرکند . وآنچه ما خود برای عمل برمی‌گزینیم نوع اوّل‌است‌که زمان آن از نصف شب حساب شود،چه درآن به‌دانستن عرض دو شهر و میل خورشید نیاز نداریم ، و نیز محتاج آن نیستیم که از راه محاسبه تعدیلهای روز را بیرون آوریم ، و به همین جهت خطاهایی‌که از محاسبهٔ جیبها حاصل می‌شود، دیگر برخطایی‌که ازکوچکی اسبابهای اندازه‌گیری وناتوانی آدمی‌فراهم می‌آید ، افزوده نمی‌شود وآن را محسوستر نمی‌کند .

واینک خلاصهٔ آنچه‌راکه به‌تفصیل‌گفتم می‌آورم و می‌گویم : اگر وقت رصد شدهٔ در دوشهر را نسبت به نیمشب در دست داشته باشیم ، درآن نظر می‌کنیم : اگر



[شکل ٤٣]

SD به دست آید ، وسپس OF ر از SF می‌کاهیم تا OS ومتمّم آن SY به دست آید ؛ افزودهٔ DS و SY اختلاف طولی است که می‌خواهیم . واگر میل جنوبی باشد ، BL را بر SL می‌افزاییم تا BS به دست آید ، و OF را بر SF می‌افزاییم تا OS [ومتمّم آن SY] حاصل شود . و به همین جهت مختصر می‌کنیم و می‌گوییم : [قوس‌زمان] گذشته ومانده

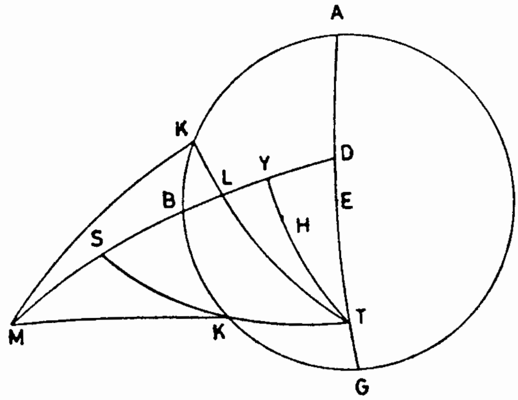


[شکل ٤٤]

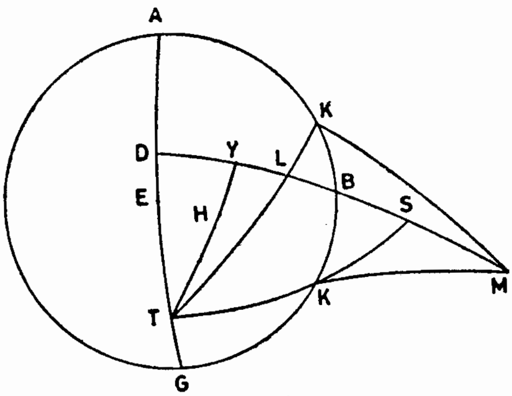
یعنی SL و SF را بریکدیگر می‌افزاییم تا LF به دست آید ؛ ونیز دوتعدیل روز کسوف دوشهر یعنی OF و BL را بریکدیگر می‌افزاییم ؛ سپس تفاضل این دو افزوده یعنی OB را به دست می‌آوریم وآن را از صد و هشتاد درجه می‌کاهیم تا اختلاف طول دو شهر پیدا شود ، چه می‌بایستی هریک از OS و SB را ازنود [درجه] بکاهیم و باقیمانده‌هارا
برهم بیفزاییم ، وچون مجموع آن دو را از دو بار نود [درجه] بکاهیم همین‌نتیجه به‌دست ۱۹۶
می‌آید ومجموع دو متمّم حاصل می‌شودکه خواستار آنیم .

در وضع ششم : فرض‌کنیم [شکل ٤٥] کسوف K بر افق شرقی E صورت گرفته ، و KF پاره‌ای از افق غربی شهر H باشد ؛ و برای آنکه آوردن دو صورت شمالی و جنوبی در یک تصویر مایهٔ پریشانی نشود ، هریک را در تصویری جداگانه آورده‌ایم. BL تعدیل‌روزکسوف درشهر E و LF تعدیل روزکسوف درشهر H است؛ پس اگر هردو شمالی باشند ومجموع آنها یعنی BF را برنصف دور [°۱۸۰] که مجموع YF و BD است بیفزاییم ، DBY که تفاوت طول آنها از سوی مشرق است به دست می‌آید که بازماندهٔ آن تا یک دور کامل [°۳٦۰] تفاوت طول آنها از سوی مغرب خواهد بود . واگر هردو چنانکه درتصویر دوم [۲—٤٥] دیده می‌شود جنوبی باشد ، چون مجموع تعدیلهای روز را ازنصف دور بکاهیم ، آنچه می‌ماند تفاوت طول دوشهر ازسوی مشرق خواهد بود ، چه DY حاصل جمع ربع [دایرهٔ] YF ومتمّم BF یعنی DF است ، پس چون DY را از نصف دور بکاهیم ، همان BF به دست خواهد آمد؛ ودر
اینجا نیکوتر آن‌است که کمترین بُعد گرفته شود . ۱۹۷

ودراین وضع پاهای مردم دوشهر مقابل یکدیگراست ، ودرآبادانی کنونی چنین وضعی میان مردم چین و اَنْدَلُس موجود است ، چه فاصلهٔ میان ایشان نزدیک نصف دوراست . ولی قامتهای مردمان دوطرف دریک راستا قرار نمی‌گیرد ، چه برای آنکه قامتها دریک راستا قرارگیرد ، لازم است که عرض دوشهر نیز بایکدیگر برابرو در دو سوی مختلف [یعنی ، مثلاً ، شمال وجنوب] بوده باشد .



۴۱—۱

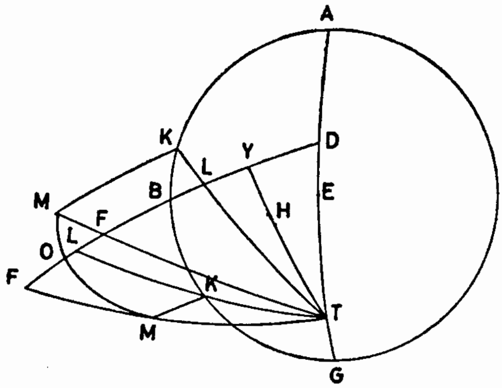


۴۱—۲

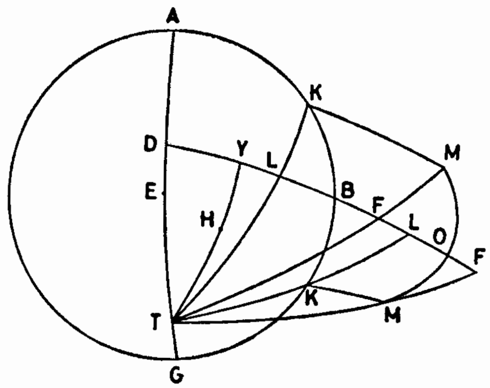
[شکل ۴۱]

جنوبی باشد، OF را بر $\overline{LF}$ می‌افزاییم وازاین افزوده BL را می‌کاهیم تا OB که اختلاف
طول دو شهراست به دست آید . ۱۹۴

در وضع چهارم : $\overline{SL}$ مشابه KZ [شکل ۴۳] زمان گذشته از آغاز شب در شهر E در تصویر اوّل [۱—۴۳] یا بازمانده به پایان شب در تصویر دوم [۲—۴۳] است : KO پاره‌ای از افق غربی شهر H است که کسوف K بر آن صورت گرفته ، و SO تعدیل روز کسوف درشهر H و LB تعدیل روز کسوف درشهر E است . در میل شمالی BL را از SL می‌کاهیم ، و درمیل جنوبی $\overline{BL}$ را بر SL می‌افزاییم تا BS و متمّم آن



۴۲—۱



۴۲—۲

[شکل ۴۲]

SD به دست آید ؛ سپس DS را بر SO می‌افزاییم که DO می‌شود و چون این DO را بر ربع [دایرهٔ] OY بیفزاییم ، اختلاف طول میـان دو شهر یعنی DY به دست خواهد آمد .

در وضع پنجم : MO [شکل ٤٤] پاره‌ای از افق غربی شهر H است ، و SF مشابه با KM زمان بازماندهٔ به‌پایان شب درشهر H ، و FO تعدیل روز کسوف دراین شهر ، و SL مشابه KZ زمان گذشتهٔ ازآغاز شب درشهر E ، و BL تعدیل روزکسوف دراین شهراست. اگر میل کسوف شمالی باشد ، BL را از SL می‌کاهیم تا BS ومتمّم آن

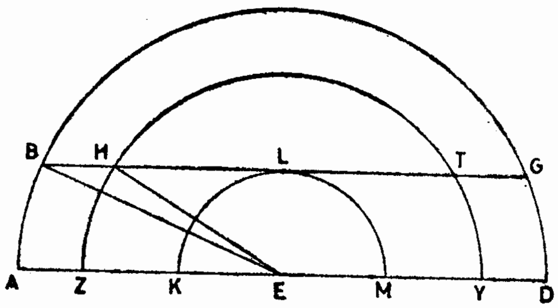
در هردو شهر برخطّ میانهٔ آسمان باشد ، آن دو شهر بر یک نصف النّهار واقعند و اختلاف طول ندارند ؛ و اگر در یکی نیمشب باشد و در دیگری پیش از آن ، اوّلی به اندازهٔ پیشی داشتن کسوف دومی بر نیمشب درمشرق آن واقع است ؛ واگر دریکی نیمشب باشد ودر دیگری پس از نیمشب ، این یکی به اندازهٔ پسی کسوف از نیمشب درمشرق اوّلی واقع است ؛ واگر درهردو پیش از نیمشب باشد ، اختلاف میان ساعتهای بازماندهٔ آنها به نیمشب همان اختلاف طول آنها است ، وآنکه ساعتهایش بیشتراست
۲۰۰ غربی است ؛ واگر درهردو پس از نیمشب باشد ، اختلاف میان ساعتهای گذشتهٔ از نیمشب همان اختلاف طول آنها است ، وآنکه ساعتهایش بیشتراست شرقی است ؛ و اگر میان ساعتهای باقی مانده یا گذشته اختلافی نباشد ، میان طولهای دو شهر اختلافی نیست ؛ واگر دریکی از آنها بعداز نیمشب باشد ودر دیگری پیش از نیمشب ، افزودهٔ گذشتهٔ از نیمشب و ماندهٔ به نیمشب اختلاف طول آنها است ، وآنکه کسوف آن پس از نیمشب است شرقی است . این است اقسامی که راصد باید به آنها بپردازد .

واگر زمان ازآغاز شب یا پایان آن حساب شده باشد ، می‌توان آن را به زمان حساب شدهٔ از نیمشب بازگرداند ، چه جایگاه خورشید معلوم است و از روی آن می‌توان این تحویل زمان را به انجام رسانید وحساب کرد ، چه برشمردن گونه‌های دیگر ونگاه داشتن حساب آنها زمان دراز می‌خواهد . وآنچه دربارهٔ میل کسوف گفتم ، ازآن جهت که میلهای ماه به سبب سرعت تغییر آنها معتبر نیست ، مقصود میل جزءِ نظیر جزءِ خورشید [یعنی نقطهٔ مقابل خورشید درآسمان] است که معلوم است و به میانهٔ
۲۰۱ کسوف تعلّق دارد ، ولی باید گفت که میل ماه را می‌توان با تقریب در وقت کسوف به دست آورد .

وگروهی گفته‌اند که آغاز کسوف را درابتدای شب و پایان شکفته شدن آن‌را درآخر شب نمی‌توان دریافت . فرض کنیم ABGD [شکل ٤٦] نصف دایرهٔ پیدای مدار خورشید در بالای افق حقیقی AED ، و KLM نصف کرهٔ زمین باشد . $B\widehat{L}G$ را

مماسّ با کرهٔ زمین و موازی با AD رسم می‌کنیم که در افق حسّی واقع می‌شود. فاصلهٔ میان دوافق ، یعنی AB ، در مقایسهٔ با خورشید کوچک است و احساس نمی‌شود ، و زاویهٔ AEB که به آن وابسته است کوچک و از سه دقیقه کمتر است .

سپس فرض کنیم ZHTY مدار ماه باشد ؛ HZ نسبت به‌مدار ماه محسوس است، و چون بنا به محاسبه ماه در Z طلوع کند ، تا زمانی که به H نرسیده رؤیت نخواهدشد، و بسا هست که اندازهٔ زاویهٔ HEZ از پنج ششم درجه هم بیشتر است .



[شکل ٤٦]

پس چون فرض کنیم که آغاز کسوف اوّل شب باشد ، خورشید در D است و مرکز سایه [یعنی مخروط سایهٔ ماه] بر Z و نصف قطر آن بالای افق حقیقی است . پس اگر چنان اتّفاق افتد که خورشید از زمین دور باشد ، برغلظت سایه می‌افزاید ، و اگر باوجود این ، ماه نیز از زمین دور و اختلاف منظر آن کمتر باشد ، و بزرگترین مقدار سایهٔ موسوم به فلکِ جَوْزَهَر[1] با کوچکترین مقدار اختلاف منظر متقارن ۲۰۲
شود ، دور نیست که نخستین تماسّ [ماه با مخروط سایه] که آغاز کسوف است در

۱- جوزهر چیست ؟ - چون سطح فلک مایل [یعنی سطح مدار ماه و سیارات که نسبت به منطقة البروج تمایل دارد] بگرایست از سطح منطقةالبروج ، بضرورت هردودایره بردوجای تقاطع کردند ، همچنانکه منطقةالبروج بامعدل‌النهار بدوجای برابر تقاطع کرده‌است. پس نام جوزهر بر این هردو نقطه همی افتد [نقل از **التفهیم** ، ص ۱۲۲] .

بالای زمین صورت بگیرد . و هرچه ماه به زمین نزدیکتر باشد ، غلظت گذرگاه آن [یعنی سایه] از زمین بیشتر می‌شود ، و چنان است که این دوامر [یعنی بزرگترشدن اختلاف‌منظر وبیشترشدن غلظت سایه] یکدیگررا جبران می‌کنند، بویژه آنکه دوری خورشید از زمین به علّت غلظت سایه مدد رساند . پس آنچه در این باره گفته شود ، بسیار دوراست که تحقّق پیدا کند. ونیزچنین‌است حال درتمام‌شدن‌شکفتگی(اِنْجِلاء) که اگر خورشید در A و مرکز سایهٔ آن بر Y باشد ، تماسّ میان ماه و سایه بالای T صورت می‌گیرد .

ولی بطلمیوس در مقالهٔ پنجم ازکتاب در مناظر خود گفته است که شعاع چشم [و به‌تعبیرجدید شعاع نور] درمحلّ برخورد هوا با اَثیر [یعنی‌آن سوی جوّ] انعطاف (انکسار) پیدا می‌کند و همین سبب آن‌است که چیزی در مشرق پیش از رسیدن به‌افق
۲۰۳ حسّی و در مغرب پس از دورشدن از این افق دیده شود .

و بر دو رصدکنندهٔ کسوف لازم است که همهٔ زمانهای آن‌را به‌دست‌آوردند و هریک را در یکی از دوشهر با نظیرش در شهر دیگر مقایسه‌کنند ، و ازهردوزمان متقابل، میانهٔ کسوف ومیانهٔ درنگ به‌دست آید ؛ ومقصودم از متقابل آغازکسوف است نسبت به‌پایان شکفتگی ، وکامل‌شدن‌کسوف نسبت به اول شکفتگی، که‌درآنها هرجزءِ ازصفت منافی‌نظیر خود است ، همچون‌آغاز نسبت به‌پایان‌وگرفتن(کسوف) نسبت به شکفته‌شدن ، که این امر به‌آنچه مطلوب ما است مدد می‌رساند ، چه میان امر وهمی و خیالی با آنچه در عمل به‌دست می‌آید ، از لحاظ آسانی و دشواری تفاوت بسیار است .

و رصدکردن این زمانها رصدکردن ماه نیست تا به شرایطی از حرکتها واحوال آن نیازی‌باشد، بلکه‌زمانهایی است که پدیدار می‌شود و مردمان شهرهای دورازیکدیگر آنها را در یک وقت درمی‌یابند و می‌توانند حساب این زمانها را از راههای گوناگون نگاه دارند .

بعضی زمان‌را ازروی حرکات پیاپی که بنا بر محسوس در زمانهای برابرصورت می‌گیرد ، اندازه می‌گیرند ، و رسم برآن شده است که وسیلهٔ اندازه‌گیری آب باشد [یعنی ساعتهای آبی] ، چیزی که‌هست آب از جهات گوناگون اختلاف پیدا می‌کند ، همچون تُنُکی و چگالی که وابستهٔ به سرچشمه‌های آن‌است و چون همیشه باآب‌همراه است اینها را از امور ذاتی آب می‌دانند ، و دیگر اختلافاتی که از مختلف‌شدن‌چگونگی هوا بر آن عارض می‌شود ، چه آب به‌سبب مجاورت با هوا از آن تأثیرپذیراست؛ونیز ۲۰۴
فشار آب بر هوا با زیادشدن حجم آن افزایش و باکم شدن آن کاهش پیدا می‌کند ، و چیزهای دیگری شبیه به‌اینها ، وبه‌همین جهت‌است که ازآن [برای اندازه‌گیری زمان] دوری‌گزیده و به حرکت شن [یعنی ساعت شنی] پرداخته‌اند . و بعضی‌دیگرزمان‌را ازروی ارتفاعها وسمتهای ستارگان‌اندازه می‌گیرند ، و در همهٔ این احوال حساب نظیر جزءِ خورشید [یعنی نقطهٔ مقابل خورشید در آسمان] را نگاه می‌دارند .

اگر زمان با آب یاشن رصد شود ، چون چیزهای پیمودنی وسنجیدنی هستند ، نیازی به سخن در بارهٔ آنها نیست ، و اگر با ارتفاعهای ستارگان ثابت رصد شود و به جای یک ستاره باچند ستاره حساب شود ، سنجیدن آنها با یکدیگر سبب‌آن‌است که رصد زمان به درستی نزدیکتر باشد . و در این کار یا تنها ارتفاع را رصد می‌کنند ، یا سمت تنها را ، یا هردوتای آنها را . واگرآنچه در زیجها دراین‌باره آمده‌است آشفته نبود ، اینجا به یادآوری از آن نمی‌پرداختم ، ولی ممکن است کسی که عمل می‌کند نتواند درست و نادرستِ آنها را از یکدیگر بازشناسد .

پس اگر ارتفاع ستاره را رصدکند ، باید جیب آن را در سهم[1] روزش (سَهْمُ

۱- تسهیم قوس - سهم [یعنی خط واصل میان وسط قوس و میان وتر آن] جیب منکوس (معکوس) نامیده می‌شود [به‌فرانسه sinus - verse] ، ولی ما برای سبکی نام سهم رابرآن‌ترجیح می‌نهیم ... وبرای‌یافتن‌سهم قوس ، جیب تفاوت آن‌را با ۹۰ به‌دست ←

النّهار) ضرب و حاصل را بر جیب ارتفاع نصف‌النّهاری آن تقسیم کند، و آنچه را که به‌دست می آید از سهم روز بکاهد تا سهم میان وقت رصد و میان نیمروز ستاره به‌دست آید ؛ آنگاه باید قوس [نظیر] آن را پیدا کند و ، اگر ارتفاع شرقی باشد ، آن‌را از مَطالِعِ گذرگاه (مَمَرّ) آن در فلک مستقیم [یعنی خطّ استوا] بکاهد و ، اگر ارتفاع غربی باشد ، بر آن بیفزاید تا مطالع درجهٔ وسط السّماء در آن زمان در فلک مستقیم به‌دست آید . ۲۰۰

و برهان آن چنین است : فرض کنیم ABG [شکل ٤٧] دایرهٔ افق ، AEG خطّ نصف‌النّهار ، EB خطّ اعتدال ، و DZ فصل مشترک میان سطح افق با سطح مدار باشد . اگر THZ مثلّث روز باشد ، TH جیب ارتفاع نیمروزی ستاره و HZ سهم روز آن خواهد بود . و اگر OLF مثلّث وقت باشد ، LO جیب ارتفاع آن در وقت مورد نظر است . بنا بر تشابه دومثلّث ، نسبت OL به LF همچندِ نسبت TH به HZ است ؛ پس چون اوّلِ OL را در چهارمِ HZ ضرب و حاصل را بر سومِ TH قسمت کنیم ، دومِ LF به دست خواهد آمد . چون KL را موازی با FZ رسم کنیم ، KZ برابر با LF می‌شود و HK سهم قوس گذرندهٔ بر L و H در مدار خواهد بود . و این قوس ، اگر مثلّث وقت OLF در سوی مشرقِ مثلّث روز باشد ، مقدار بازماندهٔ حرکت ستاره تا نصف‌النّهار است ، و اگر درسوی مغرب آن باشد ، مقدار گذشتهٔ از نصف النّهار . و دایره‌ای که از قطب معدّل النّهار بر ستارهٔ L بگذرد ،

← می‌آوریم ؛ اگر قوس کوچکتر از ۹۰° باشد این جیب را از واحد یعنی جیب کلی که نصف قطر است می کاهیم ، و اگر قوس بزرگتر از ۹۰° باشد ، این جیب را بر واحد می‌افزاییم ، و آنچه پس از افزودن و کاستن به‌دست می‌آید سهم آن قوس است [ترجمهٔ از **القانون المسعودی** بیرونی ، چاپ دائرة المعارف العثمانیه ، حیدرآباد دکن ، سال ١٩٥٤ ، جلد اول ، ص ۳۲۸] .

فلک‌البروج را در درجهٔ مَمَرّ[1] ستاره ، و معدّل‌النّهار را بر مطالع[2] آن در فلک

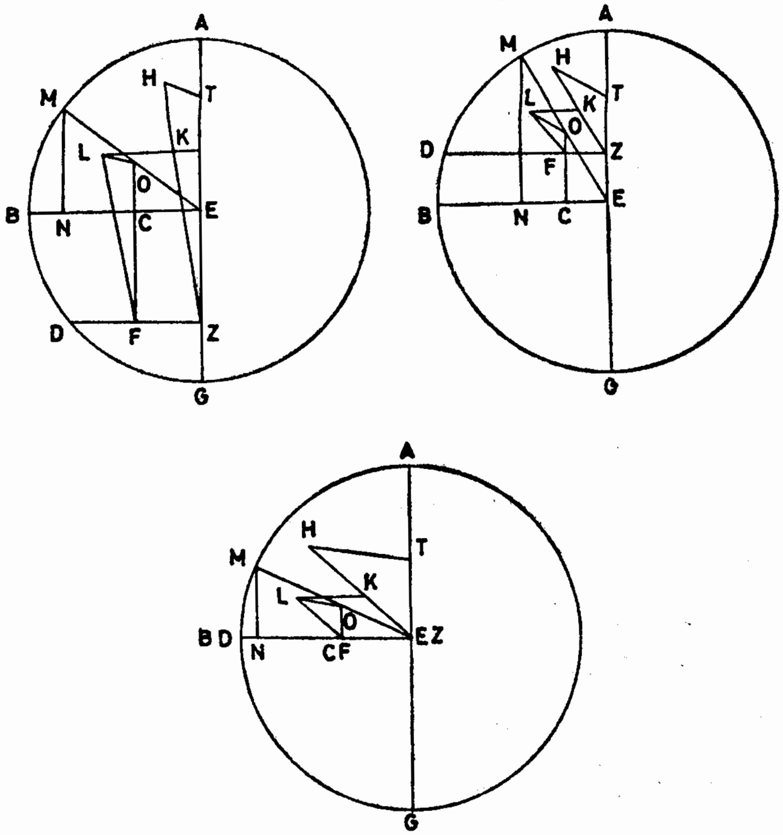
۱- درجه‌های ستاره و درجه‌های ممرش و طلوعش و غروبش کدامند ؟ - اگرستاره را عرض نبود ، درجهٔ او آن بود از منطقةالبروج که با او باشد و هم با وی برآید و فرو شود و بر وسط‌السماءبگذرد . و چون ستاره‌را عرض بود کجا دایرهٔ عرض او رسد ازمنطقةالبروج. و این آن دایرهٔ بزرگ است که بر وی و بر قطب فلک‌البروج گذرد . پس اگر عرض ستاره شمالی باشد، برآمدن او پیش ازبرآمدن درجهٔ خویش بود و فروشدن از پس درجهٔ خویش . وگر عرضش جنوبی باشد از پس درجهٔ خویش برآید وپیش از وی فرو شود . پس پیداست که آن درجه که باستارهٔ با عرض برآید جز درجهٔ او بود . و آنرا درجهٔ برآمدنش خوانند . و همچنان آنک با وی فرو شود درجهٔ فروشدنش خوانند .

و درجهٔ ممرش آن درجه بود که با وی بفلک نصف‌النهار بیک وقت آید ... پس پیداست که رسیدن ستارهٔ با عرض بدان شرطها که گفتیم درجه‌ای باشد جز درجهٔ او و آنرا درجةالممرخوانند . [نقل از **التفهیم** ص ۰ — ۲۰۴] .

۲- مطالع و درج سوا کدامند ؟- درجه‌های سوا آنست که منطقةالبروج به سیصدو شصت بخش راست کنند و بهر برجی از آن سی‌رسد . و چون منطقةالبروج بر قطب حرکت نخستین نیست ، برآمدن برجها و درجه‌ها به‌وقتهای مختلف باشد . چنانک با هر برجی از معدل‌النهار پاره‌ای برآید خلاف آنچ با دیگر برج‌آید . پس مطالع برج یا درجه‌های‌سوا کم از برج یا بیش از برج ، ازمانها [به پایین رجوع شود] باشند از معدل النهار که با وی برآیند . و همچنان مغارب برج یادرج سوا آنست که با وی فرو شوند از ازمان معدل‌النهار. و این‌را بخط استوا مطالع فلک مستقیم‌یامطالع کرهٔ منتصبه خوانند [**التفهیم**، ص ۲۰۱] .

دایره را به چند قسمت کنند ؟ - مردمان این صناعت یک با دیگر بساختند که هر دایره‌ای ، خواهی بزرگ باش و خواهی خرد ، محیط او گرد برگرد به سیصدوشصت‌بخش راست ببخشند . و آن بخشها را بمعدل‌النهار ازمان خوانند ، ازیراك گردش او و زمانه و وقتها هردو چون دواسب تازیانند برابر . و پیمودن وقتها به‌شمار این ازمان باشد . وبمنطقة البروج این بخشها را درجه خوانند ، ازیراك آفتاب برفتن درآن بخشها همی برآید وفرودآید به‌هردوسوی چون به‌پایهٔ نردبان. وبه‌دیگر دایره‌ها آنرا اجزاء خوانند [**التفهیم**،ص ۷۴] .

مستقیم قطع می‌کند ، و میان این نقطه [بر معدّل‌النّهار] و دایرهٔ نصف النّهار قوسی
۲۰۶ پیدا می‌شود مشابه با قوس HL که ، اگر ستاره به نیمروز خود نرسیده باشد ، به‌همین
اندازه بر مطالع درجهٔ وسط‌السّماء پیشی دارد که چون آن را از مطالع درجهٔ ممرّ
بکاهیم ، به محلّ تقاطع معدّل‌النّهار و دایرهٔ نصف‌النّهار خواهیم رسید ؛ واگر ستاره
از نیمروز خودگذشته باشد ، به‌همین اندازه از مطالع وسط السّماء پسی دارد ، پس
۲۰۷ چون این قوس را برمطالع درجهٔ ممرّ بیفزاییم ، به‌آن نقطه خواهیم رسید .



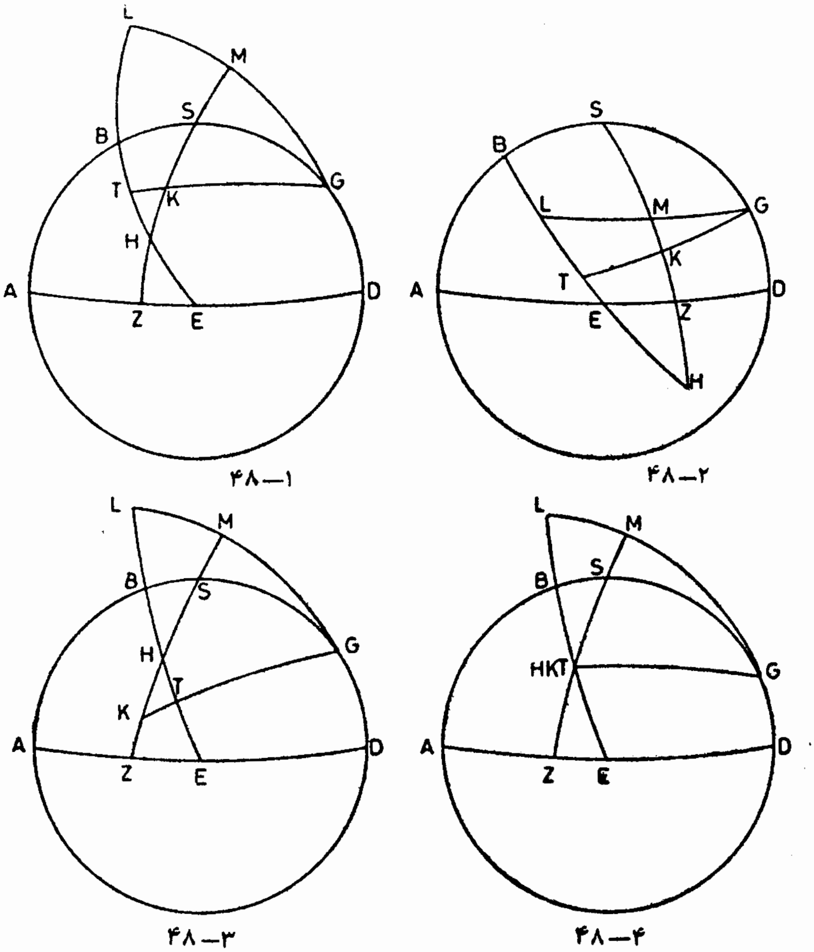
[شکل ۴۷]

و اگر آنچه رصد شده ، به‌جای ارتفاع ، سمت ستاره باشد ، جیب تمام عرض
بلد را در جیب تمام سمت ضرب می‌کنیم وحاصل را به‌عنوان محفوظ اوّل نگاه می‌داریم؛

سپس آن را بر جیب کلّی تقسیم می‌کنیم وقوس نظیر جیبی را که به‌دست می‌آید می‌یابیم و جیب تمام آن را به‌عنوان محفوظ دوم نگاه می‌داریم؛ آن‌را درجیب عرض بلد ضرب و حاصل را برجیب کلّی تقسیم می‌کنیم؛ سپس این خارج قسمت را درجیب تمام سمت ضرب و حاصل را بر جیب کلّی تقسیم می‌کنیم و قوس نظیر جیبی را که به‌دست آمده است محفوظ می‌داریم. سپس محفوظ اوّل را بر جیب تمام میل ستاره تقسیم و خارج قسمت را در جیب میل ستاره ضرب و حاصل ضرب را بر محفوظ دوم تقسیم می‌کنیم که جیبی به دست می‌آید و قوس نظیر آن‌را می‌یابیم. پس اگر میل شمالی باشد، تفاضل میان این قوس و قوسی را که محفوظ داشته‌ایم و، اگر میل جنوبی باشد، حاصل جمع این‌دوقوس‌را حساب می‌کنیم که بازماندهٔ میان کوکب ونیمروزآن یاگذشتهٔ ازنیمروز آن است. و اگر میل کوکب صفر باشد، قوسی که برای آن محفوظ داشته‌ایم خود اندازهٔ بازماندهٔ تا نیمروز ستاره یا گذشتهٔ ازآن خواهد بود.

و برهان آن چنین است: فرض‌کنیم ABGD [شکل ۴۸] دایرهٔ نصف‌النّهار، AED افق باقطب S، و EBL معدّل‌النّهار باقطب G بوده باشد. اگر K ستاره باشد، ۲۰۸
یکی از دایره‌های‌ارتفاع SHZ را برآن می‌گذرانیم، که EZ دوری سمت ازنقطهٔ اعتدال خواهد بود. از قطب [مرکز] H که محلّ تقاطع دایرهٔ ارتفاع با معدّل النّهار است، به شعاع ضلع مربّعِ [محاط در دایره] ربع [دایرهٔ] GML را رسم می‌کنیم و HBL و HSM را تا آن امتداد می‌دهیم؛ در این قطاع، نسبت جیب SG، که متمّم عرض بلد است، به جیب GM، همچندِ نسبت جیب زاویهٔ قائمهٔ GMS است به جیب زاویهٔ MSG که به‌اندازهٔ متمّم سمت یعنی ZA است، وازاین‌رو GM به‌دست می‌آید. وچون به‌آن نیاز داریم که جیب GM رادرجیب کلّی‌ضرب کنیم، و این حاصل ضرب برابر با حاصل‌ضرب جیب SG در جیب زاویهٔ MSG است، این حاصل ضرب آخری را به عنوان محفوظ اوّل نگاه می‌داریم تا در وقت نیاز جانشین اوّلی شود. و نسبت جیب SH — که متمّم ارتفاع میانه نام دارد — به جیب SB که عرض بلد است، همچندِ

نسبت ربع [دایرهٔ] HM است به جیب ML متمّم GM ؛ پس SH معلوم‌است. جیب ML را به عنوان محفوظ دوم نگاه می‌داریم که بعد به‌آن نیاز خواهیم داشت . و نسبت جیب SH به جیب HB ، همچندِ نسبت‌جیب ربع SZ است به جیب متمّم سمت ZA ؛



[شکل ۴۸]

۲۰۹ پس HB معلوم است ، و این قوس‌را نگاه می‌داریم که در بحث مااهمیّت دارد . ونسبت جیب KG متمّم میل ستاره به جیب GM ، همچندِ نسبت جیب زاویهٔ قائمهٔ GMK است به جیب زاویهٔ GKM ؛ وچون حاصل ضرب GM در جیب کلّی همان محفوظ

اوّل است ، پس جیب زاویهٔ GKM معلوم است . ونسبت آن به جیب ML که محفوظ دوم است ، همچندِ نسبت جیب TH است به جیب KT که میل ستاره است ؛ پس TH معلوم می‌شود. وتفاضل میان TH و HB درتصویرهای اوّل ودوم [۲—۴۸و۱—۴۸]، و افزودهٔ آنها در تصویر سوم[۳—۴۸]، قوس TB است که ماندهٔ ستاره به نصف النّهار یاگذشتهٔ از آن است ، ولی در تصویر چهارم [۴—۴۸] ، HB خود همان TB است . و به دست آوردن مطالع وسط السّماء از این قوس بر همان گونه است که پیش از این در باب ارتفاع گفتیم . ۲۱۰

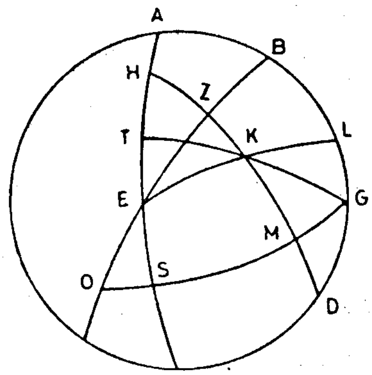
و امّا اگر سمت و ارتفاع هردو رصد شود ، در تصویرهای مربوط به ارتفاع [شکل ۴۷] ، خطّ EOM را از O بر مَسْقَطُ الحَجَر ستاره [یعنی پایهٔ عمودفرود آمدهٔ از ستاره بر افق] می‌گذرانیم و عمود MN را بر EB فرود می‌آوریم ؛ پس نسبت EO که جیب تمام ارتفاع ستاره است به OC که حصّهٔ سمت است ، همچندِ نسبت نصف‌قطر EM به‌جیب سمت یعنی MN خواهدبود . وچون EO وتر مثلّث قائم‌الزّاویهٔ با اضلاع OC و CE است ، چون مربّع حصّهٔ سمت را از مربّع جیب تمام ارتفاع بکاهیم، مربّع EC به‌دست‌خواهدآمد . EC با KL برابر است ، و KL جیب [قوس] ماندهٔ ستارهٔ تا دایرهٔ نصف النّهار در مدار یا گذشتهٔ از آن است ، به آن اعتبار که نصف قطرِ مدار جیب تمام میل آن باشد، زیرا آنچه به‌دست می‌آوریم برحسب اجزاءِ ۲۱۱ نصف قطر است که EO و MN و OC با همین مقیاس است ، بنا بر این لازم است که آن را تحویل کنیم . و نسبت KL به نصف قطر مدار به آن اعتبار که جیب تمام میلش باشد ، همچندِ نسبت KL است به نصف قطر مدار به آن اعتبار که جیب کلّی باشد. به‌همین جهت KL را که به دست آورده‌ایم در جیب کلّی ضرب و حاصل را بر جیب تمام میل مدار تقسیم می‌کنیم تا جیبی درمدار به دست آید . سپس قوس نظیراین‌جیب را می‌یابیم و از روی آن مَطالِـع وسط السّماء را در فلک مستقیم برای وقت مورد نظر پیدا می‌کنیم. آنگاه تفاضل مطالع درجهٔ وسط‌السّماء را در وقت غروب خورشید

با این مطالع ، در بُهْت خورشید که اندازهٔ مسیر متغیّر شبانه‌روزی آن در این هنگام است ضرب و حاصل را بر سیصدوشصت تقسیم می‌کنیم ، و آنچه را که به‌دست آمد بر نظیر درجهٔ خورشید برای غروب می‌افزاییم که نظیر آن در آن هنگام به‌دست می‌آید. و این همان است که میل آن را در اعمال گذشته به‌کار می‌بردیم و میل ستاره و درجهٔ ممرّ آن را مسلّم و مفروض می‌گرفتیم . و در این باره در زیجها چندان تباهی راه یافته است که سرشک ازدیده روان می‌کند و ، با وجود گمان نیکو که به‌صاحبان این زیجها و بلندی پایهٔ ایشان در علم داریم ، هیچ اطمینانی به آن نیست که آنچه در زیج آمده است به همان صورت پذیرفته شود ، و به‌همین جهت لازم است نادرستی آنها برطرف شود .

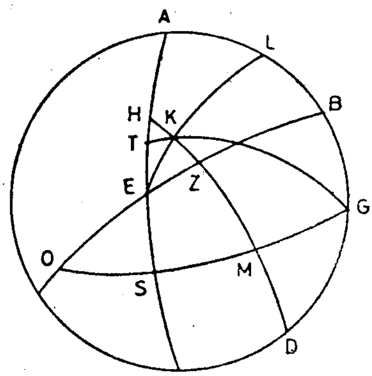
۲۱۲ و امّا میل ستاره ، در **زیج خوارزمی** و**همهٔ پیروان سند هند** به‌دوری آن از خطّ استوا ، و در **زیج حبش** به‌کجی گذرگاه آن ، و در **زیج نیریزی** و **زیج بتّانی** به دوری آن از معدّل‌النّهار تعریف شده است . ومابُعد درجهٔ کوکب را از اوّل مطالع آن در فلک مستقیم حساب می‌کنیم وآن را در جدولش می‌آوریم و دَرَج سَوای نظیر آن را می‌یابیم وآن‌را طول می‌نامیم؛ سپس میل طول‌را می‌گیریم وجهتش را می‌یابیم؛ اگرباعرض ستاره در یک جهت باشد ، آن دورا برهم می‌افزاییم ، و اگر دردوجهت مختلف باشد کوچکتر را از بزرگتر می‌کاهیم که بازمانده در جهت بزرگتر خواهد بود ؛ سپس نزدیکترین بعد ستاره را از نزدیکترین نقطهٔ انقلاب به‌آن پیدا می‌کنیم ، ومیل آن‌بعدرا می‌گیریم و جیب تمام آن را در جیب آن بازمانده یا مجموع ضرب و حاصل‌را برجیب کلّی تقسیم می‌کنیم ، وآنچه به‌دست می‌آید جیب میل ستاره درجهت بازمانده یامجموع خواهد بود .

وبرهان‌آن چنین‌است: اگر ABGD دایرهٔ گذرندهٔ برچهارقطب [شکل۴۹]، EA جزئی از معدّل‌النّهار با قطب G ، و BE جزئی از دایرة البروج با قطب D باشد ، B نقطهٔ انقلاب خواهد بود . ستاره را در K فرض می‌کنیم و DKZH را می‌کشیم که Z

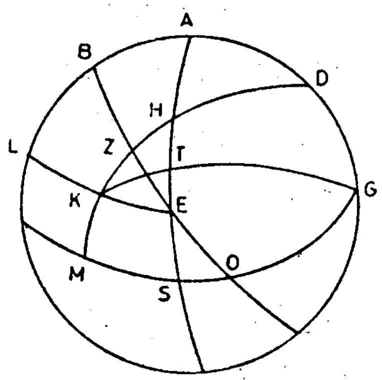
درجهٔ ستاره می‌شود، و با رسم کردن GKT، اندازهٔ بعد آن از معدّل النّهار KT خواهد بود، و EZ بعد درجهٔ ستاره از اعتدال؛ و چون ZH بر BE قائم است، ZE ۲۱۳
برای EH مقام مطالع فلک مستقیم پیدا می‌کند، و به‌این اعتبار، درجه‌های سَوای آن EH همان طول ستاره است، ومیل HZ آن نسبت به معدّل‌النّهار شمالی‌است، وعرض KZ ستاره در تصویر اوّل [۱–۴۹] نسبت به دایرةالبروج شمالی‌است، ودر تصویر سوم



۴۹–۱



۴۹–۲



۴۹–۳

[شکل ۴۹]

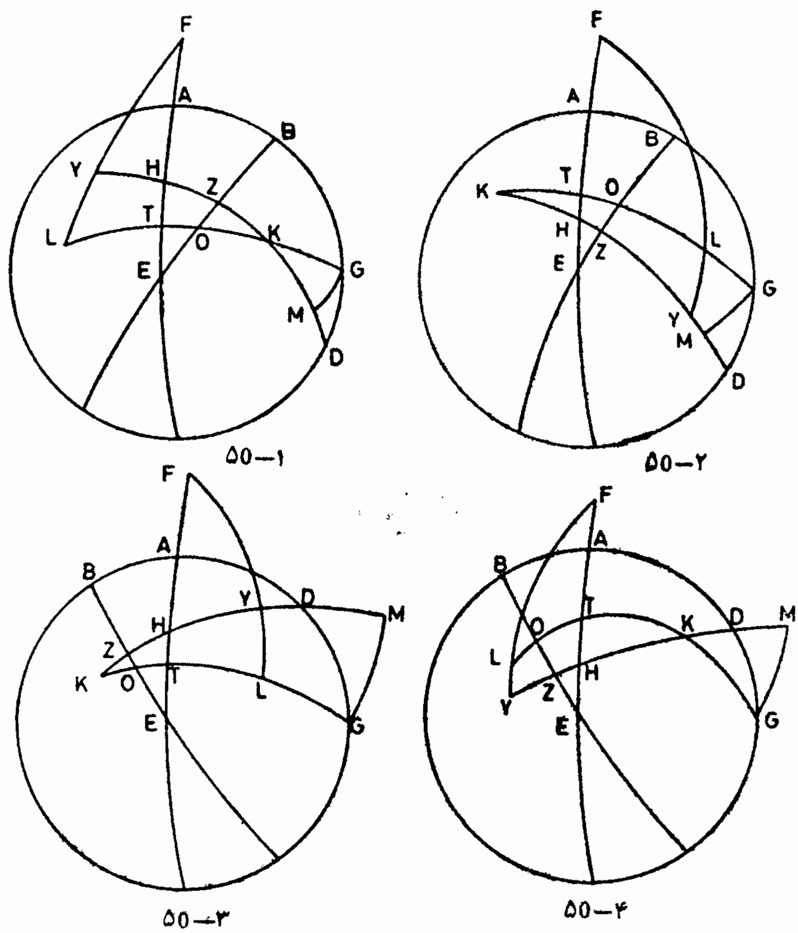
[۳–۴۹] جنوبی. و چون HZ و ZK از یک دایره است، مجموع آنها در تصویر اوّل و تفاضل آنها در تصویر دوم KH است.

نقطهٔ H را قطب قرار می‌دهیم و به فاصلهٔ ضلع مربّع دایرهٔ GMSO را رسم

می‌کنیم ، پس اندازهٔ آن [یعنی زاویهٔ ZHE] MS و متمّم آن GM خواهد بود . از آنجا که OZ و OM بر دایرهٔ ZM قائم است ، O قطب ZM می‌شود ، و چون MO و GS هردو ربع [دایره] است ، پس از حذف قسمت مشترك MS از آن‌دو ، GM برابر SO خواهد شد؛ وچون ZO ربع‌است ، EO برابربا ZB نزدیکترین بعد درجهٔ Z ستاره از انقلاب می‌شود ، و میل آن SO است و متمّم این میل MS است که اندازهٔ زاویهٔ ZHE است. ونسبت جیب قوس مجموع یاباز ماندهٔ HK به جیب KT که میل مطلوب ستاره‌نسبت به‌معدّل‌النّهاراست ، همچندِ نسبت ربع HM است به‌جیب MS ، وبنابر آن KT معلوم است.

و اگر بخواهیم ، می‌توانیم قوس EKL را رسم کنیم ، وآنگاه نسبت جیب DK
۲۱٤ به جیب KL ، همچندِ نسبت جیب ربع DZ به‌جیب ZB است . پس چون جیب تمام عرض ستاره‌را درجیب کمترین بعدش ازنزدیکترین نقطهٔ انقلاب به‌آن ضرب وحاصل را بر جیب کلّی قسمت کنیم ، جیب KL به دست خواهد آمد ، و از آنجا متمّم آن KE معلوم‌می‌شودکه جیب آن‌همان جزء است . ونسبت جیب KE به‌جیب KZ، همچندِ نسبت جیب ربع LE است به جیب LB ؛ پس چون جیب عرض ستاره را در جیب کلّی ضرب و حاصل را برجیب تمام قوس جیبی که‌اوّل به‌دست آوردیم قسمت‌کنیم ، جیب LB معلوم می‌شودکه قوس آن را به‌دست می‌آوریم و محفوظ می داریم . پس اگر عرض‌کوکب ومیل درجهٔ آن در یك جهت باشد، محفوظ را بر میل اعظم می‌افزاییم ، و اگر جهت آنها مختلف باشد ، تفاضل میان محفوظ و میل اعظم را به دست می‌آوریم که حاصل آن قوس LA خواهد بود . و اگر محفوظ با میل اعظم برابر باشد ، ستاره نسبت به معدّل‌النّهار هیچ میل ندارد . ونسبت جیب LA به جیب EL ، همچندِ نسبت جیب KT است به جیب EK ؛ پس چون جیب قوس به‌دست آمده را در جزء ضرب وحاصل را برجیب کلّی‌تقسیم‌کنیم ، جیب KT یعنی میل ستاره نسبت به‌معدّل‌النّهار معلوم می‌شود ، و این همان است که می‌خواستیم .

۲۱۵ و امّا برای یافتن درجهٔ ممرّ ستاره بر خطّ میانهٔ آسمان پس ازشناختن میل آن ، هر یک ازدوقوس KY و KL را تا ربع [دایره] تمام می کنیم [شکل ۵۰] ، وبه‌قطب K و شعاع ضلع مربّع ربع دایرهٔ LYF را می کشیم ؛ نسبت جیب FH که متمّم تعدیل است به جیب HY که متمّم HK است ، همچند ِ نسبت جیب ربع FT است به جیب



[شکل ۵۰]

۲۱۶ LT متمّم TK . پس چون جیب تمام تفاضل یامجموع را در جیب کلّی ضرب وحاصل را برجیب تمام میل ستاره از معدّل‌النّهار قسمت کنیم ، جیبی به‌دست می‌آید که قوس

آن را می‌یابیم و از نود می‌کاهیم و آنچه می‌ماند تعدیل است. ونیز، نسبت جیب KH به‌جیب HT، همچند نسبت جیب KG است به‌جیب GM که گفتیم با BZ نزدیکترین بعد به نقطهٔ انقلاب برابر است. پس چون جیب مجموع یا تفاضل را در جیب کمترین بعد درجهٔ ستاره از انقلاب ضرب و حاصل را بر جیب تمام میل آن از معدّل‌النّهار قسمت کنیم، جیب تعدیل به‌دست خواهد آمد. اگر درجهٔ ستاره درنیمه راه ازمنقلب شتوی تا منقلب صیفی و اعتدال ربیعی در میان آن باشد و، همچون در تصویر اوّل [۱ــ۵۰]، میل آن شمالی باشد، یا در نیمهٔ دیگر و میل آن همچون در تصویر سوم [۳ــ۵۰] جنوبی باشد، قوس تعدیل HT را به دنبالهٔ نقطهٔ H منتهای طول می‌افزاییم تا به T برسد. و اگر در نیمه راه میان منقلب صیفی تا شتوی و اعتدال خریفی دروسط و میل ستاره، همچون در تصویر چهارم [٤ــ۵۰] شمالی، یادرنیمهٔ دیگرو، همچون در تصویر سوم [۳ــ۵۰] میل جنوبی باشد، تعدیل HT را از نقطهٔ H منتهای طول [در جهت عکس] می‌کاهیم تا به T برسیم. T منتهای مطالع درجهٔ ممرّ ستاره در
۲۱۷ فلک مستقیم است که چون قوس آن‌را به‌دست آوریم، درجهٔ سَوای نظیر آن درجهٔ O می‌شود و این همان درجه است که با آن به‌میانهٔ آسمان می‌رسد.

۲۱۸ و از ابوعلی حسین بن‌عبدالله‌بن سینا رساله‌ای در تصحیح طول جرجان دیدم که برای زرّین‌گیس دختر شمس‌المعالی تألیف کرده و در آن نوشته بود که پس از آنکه بدین‌کار فرمان یافت، چون از پیش قراری با مردمان شهرهایی که طولهاشان دانسته است گذاشته نشده بود [تا کسوفی‌را رصد کنند]، ونیز درآن‌سال کسوف ماهی نبود تا اگر قراری هم گذاشته شده بود بتوانند آن را رصد کنند، تدبیری کرد واین‌کار را از روی ارتفاع ماه در دایرهٔ نصف‌النّهار به‌انجام رسانید. این ارتفاع را در وقتی که آن را معیّن نکرده است اندازه‌گرفت و آن را ′٦ °۸۰ یافت. سپس ماه را، بر این فرض که اختلاف طول جرجان و بغداد هشت درجه باشد، بر خطّ میانهٔ آسمان در وقت رصد تقویم کرد وعرض و میل آن را بیرون آورد. نتیجهٔ ضروری آن شد که

ارتفاع ماه در آن هنگام بنابرعرض جرجان که خود رصد کرده بود ، اگر دراین جزء تقویم شده باشد ، ′۸۰° ٤ باشد . از اینجا استدلال کرد که ماه از نصف‌النّهارجرجان گذشته است ، وسپس به استقراء جزئی را که اگر ماه درآن جزء می‌بود ارتفاعش در این عرض همانند آنچه به‌دست آورده بود می‌شد ، پیدا کرد . و این‌کار ممکن نیست مگرآنکه بر هشت جزء [درجه] یک جزء و ثلث جزء افزوده شود که در این صورت اختلاف طول میان بغداد و جرجان ′۹° ۲۰ خواهد بود . سپس گفته است که صحّت این‌اندازه‌را باآزمودن وضع ماه نسبت به‌بغداد درآن هنگام ونیز بارصدکردن ارتفاع ماه هنگام مماس شدن با ستارهٔ مَنْکِبُ الفَرَس و ستارگان ثابت دیگر امتحان کرده ۲۱۹
است .

و این راهی خیالی است که درست است ، ولی عمل کردن آن دشواری دارد ، چه مبتنی‌است براستفادهٔ اززیجی که موضع ماه واحوال آن ازروی‌آن حساب می‌شود، و استفاده کردن از زیج برای یافتن طول جرجان راه نزدیکتر است . و آنچه وابستهٔ به ماه است ، به سبب تندی حرکت آن و اختلاف منظری که از آن نتیجه می‌شود ، به‌دقّت به‌دست نمی‌آید وآنچه مطلوب است‌ازآن حاصل نمی‌شود . تعیین وقتی که ماه در شهری با طول و عرض دانسته به میانهٔ آسمان می‌رسد ، کاری‌است که مدّت زیادی طول می‌کشد وخسته کننده است ، تاچه رسد به‌اینکه ازروی‌آن بخواهند طول‌نادانسته‌ای را پیدا کنند . و به‌هرصورت ، این یکی از راههای کوشیدن برای یافتن مجهولات‌است از طریقی که درهنگام عمل آسان یاشدنی باشد ، ولی باید گفت که ابوعلی ، باهمهٔ هوشمندی و زیرکی ، درآنچه به‌تقلید [واستفادهٔ از زیج] نیازمند است و بویژه از جهت فرمانی که ازخواهندهٔ کار [یعنی زرّین‌گیس] یافته بود ، مورد اعتماد نیست .

و امّا صاحب زیج ، ممکن‌است مدّعی شود که چون زیج را تصحیح کرده است آن زیج درست است ؛ این زیج پیش وی جایگزین رصد است ، وبه‌همین‌جهت دستور می‌دهد که کسوفی را در شهری که [یافتن طول آن] موردنظر است رصد کنند ، و در

شهری که زیج بر آن بنا شده است با حساب این کسوف را به دست آورند. همچون **زیج حبش حاسب**، که فرمان داد تا کسوف را در بغداد که زیج وی بر آن بنا شده حساب کنند، و سپس این زیج را در شهری که یافتن طول آن مطلوب بود رصد کرد و فاصلهٔ
۲۲۰ زمانی میان هر دو زمان متقابل را به دست آورد. اگر این فاصله همان باشد که با محاسبه به دست می‌آید، آنچه در زیج آمده درست است، و گرنه ساعات رصد شده و ساعات حساب شده را برهم می‌افزاییم و [نصف] حاصل را در پانزده ضرب می‌کنیم؛ آنگاه، اگر رصد شده پیش از حساب شده باشد، این حاصل را بر طول بغداد می‌افزاییم، و اگر پس از آن باشد از طول بغداد می‌کاهیم، و آنچه به دست می‌آید طول آن شهر است. و این رساله، در نسخه‌هایی از این زیج که به دست من افتاده، چندان تباه شده است که از آن جز به آن اندازه که یاد شد نمی‌توان رسید. و امّا نصف کردن تفاوت میان دو زمان کاری است که میان محاسبه کنندگان رسم شده است تا از این راه اشتباه و اندازهٔ آن کمتر شود و اندازهٔ به دست آمده میان حدّ اقل و حدّ اکثر قرار گیرد. و امّا افزودن تفاوت دو طول بر طول بغداد در آن صورت که رصد شده بیشتر باشد، از لحاظ معنی درست است، ولی لفظ آن طوری است که کسی را که از این آگاه نباشد به خطا می‌اندازد. چه اگر شهری که رصد در آن صورت گرفته در مشرق بغداد باشد، لازم می‌آید که اختلاف دو طول بر طول بغداد افزوده شود، و آن شهر پیش از بغداد است و [کسوف] پیش از بغداد به آن می‌رسد، ولی ساعتهای آن، با وجود یکی بودن وقت بیش از بغداد است، از آن جهت که فروشدن خورشید در آن شهر پیش از فروشدن آن در بغداد صورت می‌گیرد. اگر کسی که عمل می‌کند پژوهنده باشد، از این امر
۲۲۱ اشتباهی برای او پیش نمی‌آید، ولی اگر زیجی و مقلّد باشد چنان گمان می‌برد که کسوف در شهری که ساعتهایش کمتر است پیش از شهری واقع می‌شود که ساعتهایش بیشتر است. و در مورد ساعتهایی که از آغاز شب حساب شود، وضع چنان است که پیشتر از آن یاد کردیم.

و ابوعلی محمّدبن عبدالعزیز هاشمی نوشته‌است که ماه را درشب جمعهٔ چهاردهم ذوالقعدهٔ سال سیصدوبیست هجری کسوفی بود ، و او آن را برای بغداد حساب کرد و سپس در رَقّه به رصد آن پرداخت . تفاوت ساعتها را ′۲۸ ةَ۰ و تفاوت ازمان را ′۵ °۶ یافت که تفاوت طول میان بغداد و رقّه است . و در عمل چیزهایی پیش آمد که او را از بازگفتن آنچه یافته بود بازداشت؛ بدین معنی که ساعتهای رقّه بیش‌ازساعتهای بغداد بود ، و آشکار است که چون رقّه در مغرب بغداد است ، ناگزیر می‌بایستی ساعتهای آن کمتر بوده باشد . و ممکن است این امر را نتیجهٔ تباه شدن نسخه به‌سبب بی احتیاطی نسخه‌برداران بویژه از لحاظ حروف و ارقام حساب دانست . و از جملهٔ آن اینکه عرض رقّه بنابر آنچه بتّانی یافته ′۱ °۳۶ و عرض بغداد ′۲۵ °۳۳ است ، و چون محاسبه بنابروقتِ گذشتهٔ از آغاز شب بوده است ، به‌وضع اوّل از اوضاع نوع سوم در ترکیباتی که ذکرشد بازمی‌گردد . و بغداد و رقّه بریک‌مدارنیستند تابه‌صورت ۲۲۲
مطلق تفاوت ساعتها همان باشد که مطلوب است ، بلکه باید در این مورد آنچه در آن وضع از لحاظ آشکار بودن جهت میل کسوف و یافتن دو تعدیل روز در دو شهر یاد کردیم ، درنظرگرفته شود .

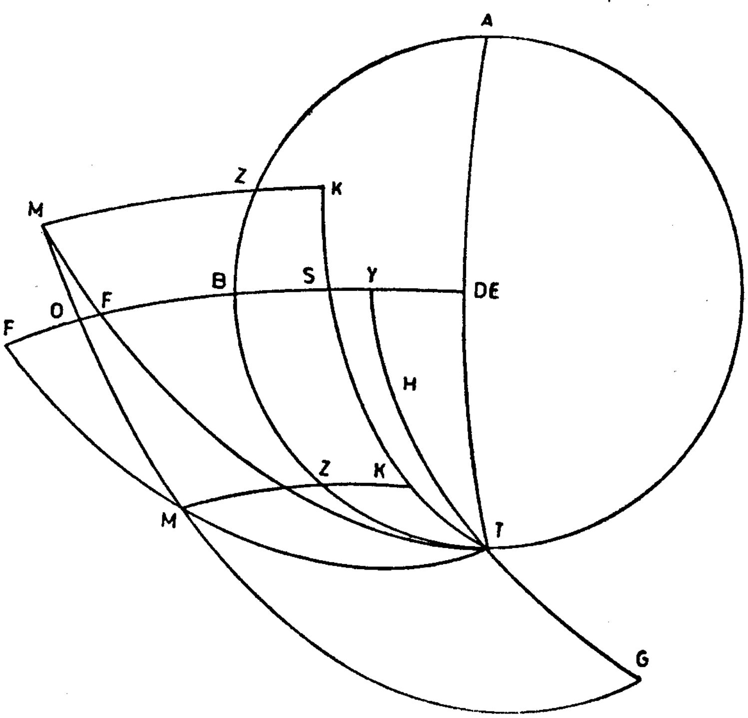
و در بعضی ازکتابها دیدم که پیشینیان ، بارصدکردن کسوفها ، طولهای شهرهارا با اسکندریّه می‌سنجیدند ، و ساعت کسوفی را در اسکندریّه ′۳۰ ةع۴ و در شهر رقّه ′۲۰ ةع۵ یافتند ، و چون کوچکتررا از بزرگتر کاستند ′۵۰ ةع۰ به‌دست‌آمد که [زمان] اختلاف طول آنها است .

و من درست نمی‌دانم که آیا این چیزی است که واقعاً با رصد به دست آمده ، یا پس از آنکه‌اختلاف معیّن شده به‌عنوان مثال یاد کرده‌اند. ومحاسبهٔ آن نیز به‌وضع اوّل از نوع سوم باز می‌گردد ، چه عرض‌اسکندریّه ′۵۸ °۳۰ است وعرض رقّه همان که پیشتر گفتیم .

و امّا آنچه محمّد بن اسحاق سرخسی درزیج خود آورده چنین است : زمانهای

کسوف ماه را در قُبّه [میانهٔ قسمت آبادان زمین بر خطّ استوا] حساب کن، سپس آن را با رصد در شهر خود بسنج ، و تعدیل روز درجهٔ ماه را به‌دست آر ؛ پس اگر نصف قوس روز ماه از نود بیشتر شد ، تعدیل روز را بر ساعتهای رصد بیفزا ، واگر
۲۲۳ کمتر از نود بود، تعدیل روز را ازساعتهای رصد بکاه ؛ سپس تفاضل میان این‌حاصل‌را با آنچه برای قبّه حساب شده به‌دست‌آر ، و اگر ساعتهای قبّه بیشتربود این‌تفاضل‌را بر نود بیفزا ، و اگرساعتهای قبّه کمتر بود از نود بکاه ، تا طول شهر ازمشرق‌به‌دست آید . پس اگر شرطی که برای افزودن‌یاکاستن تعدیل روزکسوف یادکردیم معکوس شود ، درآن صورت‌که نصف قوس روز کمتر از نود باشد بیفزاییم ، و اگر بیشترباشد بکاهیم ، کار درست انجام داده‌ایم ، وگرنه عمل نادرست است .

و برای روشن‌کردن این مطلب ، به بعضی از اوضاعی که پیشتر یاد شد باز می‌گردیم . فرض‌کنیم [شکل ۵۱] ABT افق قبّه باشد که عرض ندارد ، و زیج وی



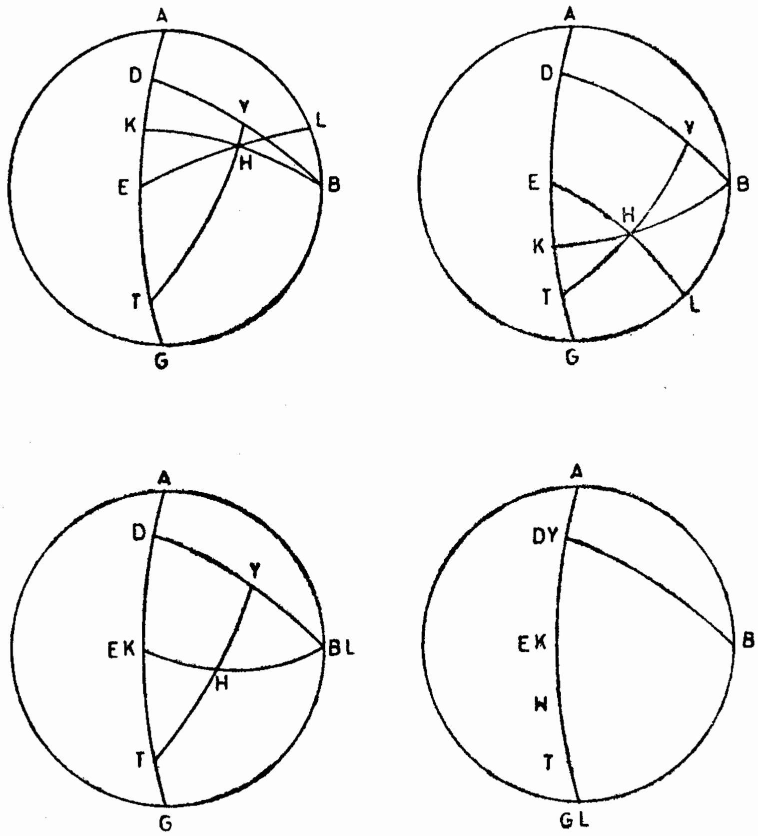
[شکل ۵۱]

[یعنی سرخسی] که در نزد او مقام رصد دارد بر آن بنا شده است ، و T قطب شمال باشد که بر افق قرار دارد ، و E سمت‌الرّأس است که بر نقطهٔ D از معدّل النّهار واقع است ؛ و نیز فرض کنیم شهر رصد H ونصف‌النّهار آن THY باشد . ساعتهای کسوف حساب شدهٔ برای قبّه BS مشابه KZ است ، و آنچه در شهر H به دست می‌آید SF مشابه KM ، و آنچه مقصود یافتن آن است BO برابر با DY است . آشکار است که OF تعدیل روز در شمالی باید از SF کاسته ودر جنوبی بر آن افزوده شود تا OS به‌دست آید، که تفاضل آن با BS همان OB مطلوب است . ونصف قوس روز ، جز درصورتی که میل شمالی باشد از نود بیشتر ، و جزدرصورتی که میل جنوبی باشد ازنود کمتر نیست،
۲۲۴ پس لازم است که در میل شمالی تعدیل روز کاسته و در میل جنوبی افزوده شود . و این چیزی نیست که کسی چون محمّد بن اسحاق ازعهدهٔ فهم آن برنیاید ، مگراینکه دچار اشتباه شود ، و بیشتر اشتباهات دانشمندان در رصدها در شرایطی است که در امور متقابل با یکدیگر باید مراعات شود .

و اما قبّه در میانهٔ قسمت‌آبادان زمین است و ، بنابرآنچه یاد شد ، وضع آن نسبت به دو کرانهٔ این قسمت آبادان اختلاف پیدا می‌کند . ولازم است که دربارهٔ آن گفتارمشرقیان معتبرشمرده شود، چه دیگران ازآن یاد نمی‌کنند . وگفته‌اند که به‌اندازهٔ یک ساعت و ثلث ساعت در مشرق بغداد واقع است . و هنگامی که از قبّه سخن گفته می‌شود ، آغاز محاسبهٔ طول از مشرق است ، و در این هیچ زیانی نیست ، چه مسئله به‌اتّفاق و یک سخنی باز می‌گردد نه به‌اختلاف .

۲۲۵ و چون طول و عرض دو شهر دانسته باشد ، احوال دیگری که به آنها وابسته است نیز نسبت به یکدیگر دانسته خواهد شد ، که از آن جمله است فاصلهٔ میان آن دو شهر واینکه یک شهر درکدام سوی شهر دیگر واقع است و نقاط تقاطع افقهای آنها کجا است ، چه این امر [هنگام بحث] دردایره‌های عظیمه‌ای که‌افقهانیزازآن‌گونه است ضروری است و دانستن آن سود این جهانی وآن جهانی دارد .

فرض کنیم ABG افق شهر E [شکل ۵۲] ، AEG نصف‌النّهار آن، BD معدّل النّهار، THY دایرهٔ نصف النّهار شهر دیگر ، و H سمت‌الرّأس مردم این شهر بر آن نصف‌النّهار باشد. بنابراین YH عرض این شهر و DE عرض شهر E و YD اختلاف طول آن دو شهر خواهد بود. دایرهٔ ارتفاع گذرندهٔ بر سمت‌الرّأس مردم شهر H را



[شکل ۵۲]

می‌کشیم ، پس سمت H در افق E زیر این دایره واقع می‌شود و BL دوری این سمت از خط اعتدال ، و AL دوری آن از خط نصف‌النّهار ، و HE مسافت میان دو شهراست. برای دانستن اندازهٔ این مسافت ، دایرهٔ BHK را رسم می‌کنیم ، وبنابرآن نسبت جیب HT به‌جیب HK ، همچندِ نسبت جیب ربع TY به‌جیب YD است . پس چون جیب

تمام عرض شهری را که سمت آن مطلوب است در جیب اختلاف دو طول ضرب و حاصل را بر جیب کلّی قسمت کنیم ، جیب HK به‌دست می‌آید که طول معدّل (تعدیل‌ شده) نام دارد . ونسبت جیب BH به‌جیب HY ، همچندِ نسبت جیب ربع BK است ۲۲۶
به جیب KD . پس چون جیب عرض شهری را که سمت آن مطلوب است در جیب کلّی ضرب و حاصل را بر جیب تمام طول معدّل قسمت کنیم ، جیب KD به دست می‌آید که‌عرض‌معدّل نام دارد ووسیلهٔ شناختن وضع سمت نسبت به‌خطّ اعتدال‌است. اگر عرض معدّل از عرض شهر کمتر باشد ، سمت درآن در جنوب خطّ اعتدال [یعنی خطّ میان مشرق و مغرب] است ، واگر بیشتر باشد در شمال آن است ، واگرعرض معدّل و عرض شهر برابر یکدیگر باشد ، سمت بر خود خطّ اعتدال است . و چون سمت بر خطّ اعتدال باشد ، تقاطع دو افق بر دونقطهٔ جنوب و شمال شهری است که برای‌آن عمل می‌شود ، وطول معدّل خود مسافت میان دو شهر است. ودرآن‌صورت که عرض‌معدّل باعرض شهراختلاف دارد ، تفاوت‌آن دو EK است . نسبت جیب BH به‌جیب HL ، همچندِ نسبت جیب ربع BK است به‌جیب KA که متمّم EK است. پس چون جیب تمام طول معدّل را درجیب تمام تفاضل میان عرض‌شهروعرض‌معدّل ضرب و حاصل را بر جیب کلّی قسمت کنیم ، جیب HL که متمّم مسافت HE است به دست می‌آید . و نسبت جیب HE به‌جیب HK ، همچندِ نسبت جیب ربع EL است
به جیب LA ؛ پس چون جیب طول معدّل‌را درجیب کلّی ضرب وحاصل‌را برجیب مسافت قسمت کنیم ، نتیجهٔ جیب دوری شهر [نقطهٔ L] از خطّ نصف النّهار در جهتی از دوجهت مشرق و مغرب است که در آن جهت شهری که مطلوب یافتن سمت آن‌نسبت به‌نصف‌النّهاردیگراست واقع شده ، و این جهت را اندازهٔ طول به ما نشان می‌دهد . و نیز ، نسبت جیب HB به جیب BL ، همچندِ نسبت HE است به جیب HK ؛ پس اگر جیب تمام طول معدّل را در جیب تفاضل میان عرض شهر و عرض معدّل ضرب و حاصل را بر جیب مسافت قسمت کنیم ، جیب دوری سمت از خطّ ۲۲۷

اعتدال در جهتی از دو جهت شمال و جنوب که عرض معدّل آن را به ما می‌نمایاند ، به دست می‌آید . و تقاطع دو افق بر رأس ربع [دایره] از نقطهٔ L است ، چه H و E قطبهای دوافق است و دایرهٔ EHL برقطبهای چهارگانهٔ آنها می‌گذرد ، پس آنچه میان آنهاواقع می‌شود منتهای میل یکی از دوافق نسبت به‌دیگری‌است و اندازهٔ زاویهٔ تقاطع آنها را نشان می‌دهد ، پس تقاطع در فاصلهٔ یکٔ ربع تمام ازآن واقع می‌شود .

و امّا اگر دوشهر با یکدیگر اختلاف طول نداشته باشند و تنها عرض آنها با یکدیگر مختلف باشد ، سمت برخطّ نصف‌النّهار واقع می‌شود . پس اگرعرض شهری که سمت آن مطلوب است کمتر باشد درطرف جنوب شهر دیگر است ، واگرعرضش بیشتر باشد در طرف شمال‌است ، وتفاوت میان دوعرض همان مسافت میان آنهاست.

۲۲۸ و پیشتر و بیشتر ازآنکه این یافتن سمت برای رسیدن به‌مقصد لازم باشد ، یادرصورت منحرف‌شدن از آن وسیلهٔ بازگشتن بدان سمت شود ، به‌ویژه برای کسانی‌که در بیابان هنگام دنبال کردن دشمن شبگیر شده‌اند یامی‌خواهند خود را ازجستجوی دشمنان درامان

۲۲۹ نگاه دارند ، برای همگی افراد مسلمان ازکوچکٔ و بزرگٔ ، بلکه اهل کتاب وذمّه‌این شناختن جهت ضرورت دارد ، چه باید عبادت ونماز خود را از روی آن برپا دارند. قبلهٔ اسلام مسجدالحرام است ، و چون برای هرشهری H را جانشین مکّه قرار دهیم که عرض آن دانسته است ، [سمت مکّه نسبت به‌آن شهر معیّن خواهد شد] . و با آنکه در بارهٔ شماره دقیقه‌های درجهٔ بیست‌ودو از عرض برای مکّه اختلاف است، حسابگران آن‌رابیست‌ویکٔ درجه به‌حساب می‌آورند. وگفته‌اندکه منصوربن طَلْحَةَ طاهری به تصحیح عرض مکّه پرداخت وآن را دوثلثٔ درجه بیش‌ازاین‌یافت،واین موافق است با آنچه بنابررصد مأمون به‌روایت حَبَش به‌دست آمده است . و بعضی این افزونی را یکٔ سوم درجه گفته‌اند . و نیز طول مکّه معلوم است و گفته‌اند که منصوربن طلحه آن را شصت‌وهفت درجه یافت ، و این نیز موافق‌است باآنچه حبش حاسب درکتاب**الابعاد والاجرام** آورده است . به‌نوشتهٔ این کتاب ، مأمون کسی را

مأمور کرد تا کسوفهای ماه آن‌را رصد کنند و از این راه فاصلهٔ میان نصف‌النّهار مکّه و نصف‌النّهار بغداد سه درجه به‌دست آمد ، و چون طول بغداد هفتاد درجه است ، طول مکّه می‌شود شصت‌وهفت درجه . با دانستن این طول و عرض سمت مکّه که همان سمت قبله است در شهر مورد نظر به‌دست می‌آید .

می‌بینیم که مردمان برای به‌دست‌آوردن روزی تلاش می‌کنند ودراین راه از سختیها و چیزهای مایهٔ ترس باك ندارند ، درصورتیکه هرکس در این دنیا روزانه بیش ازیکی دوبار به‌خوراك نیازندارد، ولی‌همین کس از چیزی غافل می‌ماندکه هرشبانه‌روزمی‌بایستی پنج‌بار به‌آن برخیزد و برای خوشبختی درجهان دیگر نباید درکارآن خللی وارد شود، ۲۴۰
وچنان‌گمان داردکه با وجود فرصت و توانایی داشتن برشناختن‌آن [یعنی‌قبله]، نادانی می‌تواند پوزشخواه او شود !

و جهودان نیز به چنین چیزی نیاز دارند ، چه باید [برای نماز] رو به‌سوی بیت‌المقدس کنند که طول وعرض آن شناخته است ، همان‌گونه که هجده ماه در آغاز اسلام در مدینه همچون نشانه و شعاری برای بازشناختن آن دسته از پیروان فرستادهٔ خدا بود ازکسانی‌که بردوپاشنهٔ پای خود [چرخیدند] و به پس بازگشتند[1] .

و ترسایان به مشرق اعتدال نیاز دارند، چه بزرگان ایشان‌که خود آنان‌را پدران (آباء) می‌نامند ، چنین برای ایشان نهاده‌اندکه [دردعا] به‌جانب فردوس روکنند . و براین‌گفته مقدّمه‌ای افزوده‌اندکه در نزد ایشان درست است ، و آن اینکه فردوس در مشرقهای جهان است ، و از میان این مشرقها میانگین آنها یعنی مشرق اعتدال [محلّ طلوع خورشید در اوّل سال شمسی] را برگزیدند وآن‌را شایسته‌تر دانستند ، که

۱- اشاره است به‌آیهٔ ۱۴۳ ازسورهٔ بقره : « ... لِنَعْلَمَ مَنْ يَتَّبِعُ الرَّسُولَ مِمَّنْ يَنْقَلِبُ عَلىٰ عَقِبَيْهِ ... » [... تا آن را که پیرو پیامبر است از آن که بر پاشنه‌های خود بازمی گردد بازشناسیم] و ایرادهایی که جهودان بر تغییر قبله از بیت‌المقدس به مکه گرفتند .

بهترین امور میانهٔ آنها است (خَیْرُ الأُمُورِ أَوْسَطُها) .

واما قوس مسافت باهمان تقسیماتی اندازه گرفته می‌شود که بنابرآنها دایرهٔ عظیمه در کره به سیصدوشصت قسمت تقسیم می‌شود . وچون زمین در مرکز فلک کلّی است، و قوسهای روی زمین مشابه با قوسهای فلکی است ، بنا بر این مسافتها بر روی زمین با اجزائی اندازه گیری می‌شود که باآن اجزاء دایرهٔ عظیمه بر روی زمین به‌سیصدوشصت جزء تقسیم می‌شود . ولی اندازهٔ یک جزء [یعنی درجه]بنابرواحدهای اندازه گیری که زمین‌پیمایان به‌کار دارند ، از وجب وذراع و بازه [فاصلهٔ میان سرانگشتان دو دست
۲۲۱ از هم به‌طرفین باز شده، به عربی باع] ومیل و فرسخ ، ناشناخته است . واگراندازهٔ یک درجه با یکی از این واحدها دانسته باشد ، محیط زمین و ابعاد دیگر وابستهٔ به‌آن وکسرهای درجه نیز شناخته خواهدشد. پس‌چون‌فاصلهٔ میان دونقطهٔ برقوس‌مفروضی پیموده شود ، و نسبت آن به محیط معلوم شود ، اندازهٔ مسافت یک درجه وتمام محیط زمین دانسته خواهد شد .

و درکتابها آمده است که‌پیشینیان دو شهر تُدْمُر و رقّه را برنصف‌النّهارواحد یافتند ، و چون فاصلهٔ آنها نود میل بود ، از این‌رو دانستند که درازای یک درجه شصت‌وشش میل و دو سوم میل است . از اینجا لازم می‌آید که تفاوت عرضهای آن دو شهر ′۲۱ °۱ باشد ، و ما پیشتر گفتیم که عرض رقّه ′۱ °۳٦ است ، پس‌عرض‌تدمر ′۲۲ °۳۷ می‌شود . ولی این حکایت آشفته است ، چه آنچه در آنجا از عرض‌دو محل آمده با این اندازه سازگار نیست ، واحتمال داردکه در نسخه‌ها تباهی پیدا کرده‌باشد، و به همین جهت چون اطمینانی به‌آن نبود دور [زمین] را از روی آن پیدا نکردم. این حکایت را محمّد بن علی مکّی درکتابش **فی الحجّة علی استدارة السّماء والارض** آورده و پنداشته است که عرض تدمر چهل‌وسه درجه و عرض رقّه سی و پنج جزء و ثلث جزء .

و امّا فَزاری در زیجش نوشته است که محیط زمین در نزد هندیان شش‌هزارو

۲۳۲ ششصد فرسخ است ، بنابرآنکه هرفرسخ شانزده هزار ذراع باشد . و هِرمِس آن را نه هزار فرسخ دانسته است ، بنابرآنکه هرفرسخ دوازده هزار ذراع باشد . بنابراین، اندازهٔ درازای قوس یک جزءِ از سیصدوشصت جزء [یعنی یک درجه] ، به حساب هندیان ، هجده فرسخ و ثلث فرسخ می‌شود ، و اگر هر فرسخ سه میل باشد ، اندازهٔ یک درجه پنجاه و پنج میل خواهد بود ، و هر میل پنج‌هزارو سیصدو سی‌وسه ذراع و ثلث ذراع است . و به گفتهٔ هِرمِس بیست‌وپنج فرسخ که می‌شود پنجاه‌وهفت میل و هر میل چهارهزار ذراع .

سپس فَزاری گفته است که بعضی ازحکما هرجزء را صد میل دانسته‌اند وبه‌این حساب پیرامون زمین می‌شود دوازده هزار فرسخ .

وابوالفضل هَرَوی در کتاب **المدخل الصّاحبی** آورده‌است که آخرین مسافتی که رصد شد درزمان مأمون بود که میان مدینَةُ السَّلام [بغداد] و سُرَّ مَنْ رَأیٰ انجام شد که هردو در زیر یک دایره از دایره‌های نصف‌النّهار واقعند وتفاوت عرضهای‌آنها یک درجه است . آنچه یافتند این بود که درزیر یک درجه ازآسمان برزمین فاصله‌ای است که‌اندازهٔ آن بامیل‌مساوی چهارهزار ذراع سیاه برابر باپنجاه‌وشش میل ودوسوم میل است . وگمان من این است که ابوالفضل در این سخن جز برگزاف نرفته و در پی به‌دست آوردن دلیل آن نبوده است ، چه‌گزارش این‌اندازه‌گیری را بدان‌صورت که ۲۳۳ گزارشهای اندازه‌گیریهای دیگر روایت شده برای ما روایت نکرده است . و باید دانست که عرض سُرَّ مَنْ رَأیٰ به اتّفاق همگان $34° 12'$ است،وعرض بغداد $33°$ و چند دقیقه که یا ۲۰ است یا ۲۵ . وحَبَش در **کتاب‌الابعاد** براین دقیقه‌های اخیرعمل کرده است و بنابرآن تفاوت عرض دوشهر یا $0° 52'$ است یا $0° 47'$. و این تفاوت برای یک درجه چندان است که اگر سیصدوشصت برابر شود ، از جهت فزونی و کاستی هردوگزاف می‌شود . و نیز این دوشهر هردو برکنار دجله واقع است ، ودجله چنان‌نیست که ازشمال به‌جنوب بر راستای خطّ نصف‌النّهار باشد بلکه ازغرب به‌شرق

کجی دارد. ونیزفاصلهٔ میان دوشهر که منزل به‌منزل در بیست‌ودومنزل آن حساب‌شود، شصت‌وشش میل است ، پس آن پنجاه‌وشش میل‌ودوثلث میل ازکجا پیدا شده است؟

و اما رصد مأمون بدان جهت صورت گرفت که وی در کتابهای یونانیان دیده بودکه درازای یک درجه پانصد اِسْطادِیا است ، و این اِسْطادِیا واحدی‌است که یونانیان مسافتها را به آن اندازه می‌گرفتند ، و چون مترجمان از اندازهٔ اسطادیا دانش
۲۳۴ درست نداشتند ، بنابرآنچه حَبَش ازخالد مَرْورودی وگروهی ازدانشمندان‌صناعت [نجوم] و ماهران در صنعت درودگری و رویگری روایت‌کرده است ، فرمان داد تا افزارهای بایسته بسازند و جای شایسته‌ای برای این اندازه‌گیری برگزیده شود . جایی از بیابان سِنْجار در نزدیکی موصل را برگزیدندکه از مرکز موصل نوزده فرسخ و از سُرَّ مَنْ رَأیٰ چهل‌وسه‌فرسخ فاصله داشت ، و همواری آن را پسندیدند ، وافزارهارا بدانجا بردند ، و جایی را معیّن کردند که در آن ارتفاع نصف النّهاری خورشید را رصدکنند . سپس از این نقطه به‌دوگروه تقسیم شدند و خالد با دسته‌ای از زمین‌پیمایان و صنعتگران در سوی قطب شمال ، وعلیّ بن عیسای اُسْطُرْلابی و احمد بن بُحْتُری زمین‌پیما با دسته‌ای دیگر به‌سوی قطب جنوب به راه افتادند . هردوگروه چندان پیش رفتند تا به‌جایی رسیدندکه‌ارتفاع‌نصف‌النّهاری خورشید ، علاوه برتغییرمیل،به‌اندازهٔ یک درجه تغییر پیدا کرده بود . در راه زمین را ذرع می‌کردند و نشانه‌هایی برسر راه خود می‌گذاشتند ، وهنگام بازگشت بار دیگر فاصله را اندازه گرفتند . هردو گروه به‌آنجاکه از یکدیگر جدا شده بودند بازگشتند ، و درازای یک درجه را پنجاه‌وشش میل به‌دست آورند . و حبش مدّعی شده است‌که این‌گزارش را هنگامی که خالد بر یحیَی بن اَکْثَم قاضی‌فرومی‌خوانده شنیده و به‌خاطر سپرده است . وابوحامدِ چَغانی نیز از ثابت بن قُرَّه به همین‌گونه روایت کرده است ، و از فَرْغانی با دوسوم میل افزودن بر میلهای یادشده .

۲۳۵ و همهٔ حکایتها را با این دو سوم میل افزوده دیده‌ام ، و نمی شود گفت که از

کتاب‌الابعاد والاجرام حذف شده است ، چه حبش ازهمان [پنجاه‌وشش‌میل] مقدار محیط زمین و قطر و سایر ابعاد آن‌را بیرون آورده‌است. وچون آنهارا بیازمایی خواهی دید که با اندازهٔ پنجاه‌وشش میل برای یک درجه مطابقت دارد . شایسته چنان است که هریک از دوروایت از یکی از آن دوگروه بوده باشد ، واین مایهٔ سرگردانی‌است و باید باردیگر امتحان ورصد شود . وکیست که مرا دراین‌باره یاری کند ؟ چه به‌سبب فراخی آن زمین و پرهیز از نابکاریهای کسانی که درآن پراکنده‌اند ، عملی کردن این آزمایش نیازمند اقتدار است . و من برای این‌کار سرزمینهای میان دهستان چسبیدهٔ به جرجان ومیان جایگاه ترکان غُز را برگزیدم، ولی تقدیر یاری نکرد وهمّت کسانی که باید در این‌کار به من مدد رسانند سستی گرفت .

و در این جدول اندازهٔ درازای درجه‌ها را بنا بردو حکایت حَبَش و فَرْغانی آورده‌ام تا برای عملیّاتی که انجام می‌شود در دسترس باشد . ۲۳۶

و بَطْلَمْیوس در باب سوم ازکتاب **جاوغرافیا** گفته است که اگر این دایره ۲۳۸
دایرهٔ نصف‌النّهار نباشد ، بلکه در میان دونصف‌النّهارشهرهای باعرض وطول‌دانسته باشد ، و زاویه‌ای را که میان این دایره و نصف‌النّهار محلّی که از آن به راه می‌افتیم ، که زاویهٔ دوری سمت از خط نصف‌النّهار است بدانیم ، و در راه‌پیمایی بارفتن درسمت واحد اندازهٔ آن را نگاه داریم ،چون این‌مسافت‌اندازه‌گرفته شود ، ازروی‌آن‌اندازهٔ محیط زمین برحسب اسطادیا به‌دست خواهد آمد .

در شکلی که پیشتر برای شناختن سمت آوردیم [شکل ۵۲] ، اگر YH و DE عرضهای‌دوشهر H و E دانسته باشد ، وتفاوت طول DY واندازهٔ مسافت EH وزاویهٔ سمتی AEL نیز معلوم باشد ، مسافت EH برحسب درجات دانسته خواهد شد.چه‌نسبت جیب TH به جیب HK ، همچندِ نسبت جیب ربع TYاست به‌جیب YD، که‌بنابرآن HK به‌دست می‌آید . ونسبت جیب HK به‌جیب HE ، همچندِ نسبت جیب AL است به‌جیب ربع LE ؛ پس HE معلوم است ، ونسبت آن به‌سیصدوشصت همچندِ نسبت

جدول برابری درجات بامیل ها ۲۳۷

فرغانی				حبش حاسب				میل	فرسخ
ثالثه	ثانیه	دقیقه	درجه	ثالثه	ثانیه	دقیقه	درجه		
۳۲	۳	۱	۰	۱۷	۴	۱	۰	۱	
۴	۷	۲	۰	۳۴	۸	۲	۰	۲	۰
۳۵	۱۰	۳	۰	۵۱	۱۲	۳	۰	۳	
۷	۱۴	۴	۰	۹	۱۷	۴	۰	۴	
۳۹	۱۷	۵	۰	۲۶	۲۱	۵	۰	۵	۱
۱۱	۲۱	۶	۰	۴۳	۲۵	۶	۰	۶	
۴۲	۲۴	۷	۰	۰	۳۰	۷	۰	۷	
۱۴	۲۸	۸	۰	۱۷	۳۴	۸	۰	۸	۲
۴۶	۳۱	۹	۰	۳۴	۳۸	۹	۰	۹	
۱۸	۳۵	۱۰	۰	۵۱	۴۲	۱۰	۰	۱۰	
۴۹	۳۸	۱۱	۰	۹	۴۷	۱۱	۰	۱۱	۳
۲۱	۴۲	۱۲	۰	۲۶	۵۱	۱۲	۰	۱۲	
۵۳	۴۵	۱۳	۰	۴۳	۵۵	۱۳	۰	۱۳	
۲۵	۴۹	۱۴	۰	۰	۰	۱۵	۰	۱۴	۴
۵۶	۵۲	۱۵	۰	۱۷	۴	۱۶	۰	۱۵	
۲۸	۵۶	۱۶	۰	۳۴	۸	۱۷	۰	۱۶	
۰	۰	۱۸	۰	۵۱	۱۲	۱۸	۰	۱۷	۵
۳۲	۳	۱۹	۰	۹	۱۷	۱۹	۰	۱۸	
۳	۷	۲۰	۰	۲۶	۲۱	۲۰	۰	۱۹	
۳۵	۱۰	۲۱	۰	۴۳	۲۵	۲۱	۰	۲۰	۶
۶	۱۴	۲۲	۰	۰	۳۰	۲۲	۰	۲۱	
۳۹	۱۷	۲۳	۰	۱۷	۳۴	۲۳	۰	۲۲	
۱۰	۲۱	۲۴	۰	۳۴	۳۸	۲۴	۰	۲۳	۷
۴۲	۲۴	۲۵	۰	۵۱	۴۲	۲۵	۰	۲۴	
۱۴	۲۸	۲۶	۰	۹	۴۷	۲۶	۰	۲۵	
۴۶	۳۱	۲۷	۰	۲۶	۵۱	۲۷	۰	۲۶	۸
۱۷	۳۵	۲۸	۰	۴۳	۵۵	۲۸	۰	۲۷	
۴۹	۳۸	۲۹	۰	۰	۰	۳۰	۰	۲۸	
۲۱	۴۲	۳۰	۰	۱۷	۴	۳۱	۰	۲۹	۹
۵۳	۴۵	۳۱	۰	۳۴	۸	۳۲	۰	۳۰	

جدول برابری درجات بامیل‌ها

۲۳۶

فَرْغانی				حَبَش حاسب				میل	فرسخ
ثالثه	ثانیه	دقیقه	درجه	ثالثه	ثانیه	دقیقه	درجه		
۲۴	۴۹	۳۲	۰	۵۱	۱۲	۳۳	۰	۳۱	
۵۶	۵۲	۳۳	۰	۹	۱۷	۳۴	۰	۳۲	۱۰
۲۸	۵۶	۳۴	۰	۲۶	۲۱	۳۵	۰	۳۳	
۰	۰	۳۶	۰	۴۳	۲۵	۳۶	۰	۳۴	
۳۱	۳	۳۷	۰	۰	۳۰	۳۷	۰	۳۵	۱۱
۳	۷	۳۸	۰	۱۷	۳۴	۳۸	۰	۳۶	
۳۴	۱۰	۳۹	۰	۳۴	۳۸	۳۹	۰	۳۷	
۷	۱۴	۴۰	۰	۵۱	۴۲	۴۰	۰	۳۸	۱۲
۳۸	۱۷	۴۱	۰	۹	۴۷	۴۱	۰	۳۹	
۱۱	۲۱	۴۲	۰	۲۶	۵۱	۴۲	۰	۴۰	
۴۲	۲۴	۴۳	۰	۴۳	۵۵	۴۳	۰	۴۱	۱۳
۱۴	۲۸	۴۴	۰	۰	۰	۴۵	۰	۴۲	
۴۵	۳۱	۴۵	۰	۱۷	۴	۴۶	۰	۴۳	
۱۸	۳۵	۴۶	۰	۳۴	۸	۴۷	۰	۴۴	۱۴
۴۹	۳۸	۴۷	۰	۵۱	۱۲	۴۸	۰	۴۵	
۲۱	۴۲	۴۸	۰	۹	۱۷	۴۹	۰	۴۶	
۵۲	۴۵	۴۹	۰	۲۶	۲۱	۵۰	۰	۴۷	۱۵
۲۵	۴۹	۵۰	۰	۴۳	۲۵	۵۱	۰	۴۸	
۵۶	۵۲	۵۱	۰	۰	۳۰	۵۲	۰	۴۹	
۲۸	۵۶	۵۲	۰	۱۷	۳۴	۵۳	۰	۵۰	۱۶
۵۹	۵۹	۵۳	۰	۳۴	۳۸	۵۴	۰	۵۱	
۳۲	۳	۵۵	۰	۵۱	۴۲	۵۵	۰	۵۲	
۳	۷	۵۶	۰	۹	۴۷	۵۶	۰	۵۳	۱۷
۳۵	۱۰	۵۷	۰	۲۶	۵۱	۵۷	۰	۵۴	
۷	۱۴	۵۸	۰	۴۳	۵۵	۵۸	۰	۵۵	
۳۹	۱۷	۵۹	۰	۰	۰	۰	۱	۵۶	۱۸
۱۱	۲۱	۰	۱	۱۷	۴	۱	۱	۵۷	
۴۲	۲۴	۱	۱	۳۴	۸	۲	۱	۵۸	
۱۴	۲۸	۲	۱	۵۱	۱۲	۳	۱	۵۹	۱۹
۴۶	۳۱	۳	۱	۹	۱۷	۴	۱	۶۰	

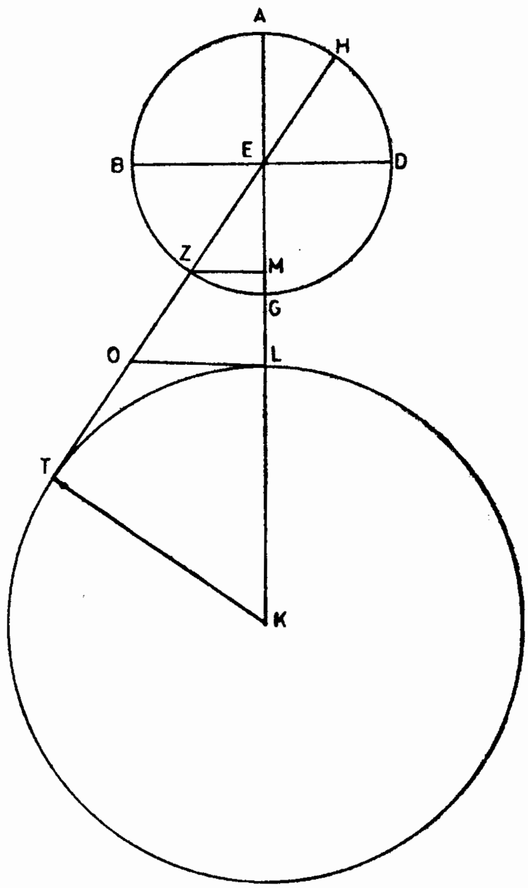
۲۳۹ مسافت HE است به درازای دایره‌ای که بر زمین محیط است . ولی اگر زاویهٔ سمتی دانسته نباشد ، ودر راه‌پیمایی برراستای واحدی پیش رویم که برخطّ مستقیم باشد، دیگر به‌آن نیازی نداریم . چه هنگامی که دوعرض واختلاف طول دردست باشد، همان‌گونه که در شناختن سمت گذشت ، EH معلوم می‌شود که ازآن می‌توانیم استفاده کنیم .

و راه دیگری برای شناختن پیرامون زمین هست که در آن نیازی به‌راه‌پیمایی در بیابانها نیست . و این چنان است که بر کوه بلندی که برکنار دریا یا سرزمین همنواری واقع است بالا رویم ، و اگر آن‌را درمشرق یا مغرب آن دریا یا بیابان یافتیم، هنگامی که نصف قرص خورشید در مغرب فرو شد [مرکز آن را] رصدکنیم . دراین‌هنگام مقدار انحطاط (انخفاض) خورشید را با حلقهٔ عضاده‌دار ABGD اندازه می‌گیریم : HZ وضع عضاده و BZ قوس‌انحطاط ومتمّم آن ZG است [شکل ۵۳] . واگرسطح هموار [یعنی دریا یا بیابان] در دوجهتی که یادکردیم نباشد ، حلقه‌را سرازیر می‌آویزیم و به یک چشم در دوسوراخ عضاده می‌نگریم تامحلّ تماس آسمان‌را با زمین درآن ببینیم، که در این صورت عضاده به‌وضع اوّل قرارمی‌گیرد ، و خطّ شعاعی گذران برراستای عضاده خطّ HEZT می‌شود . نقطهٔ T را به مرکز زمین K وصل می‌کنیم . ارتفاع کوه EL را اندازه می‌گیریم وعمود ZM را فرود می‌آوریم . ازتشابه دومثلّث EZM و EKT،

۲۴۰ نسبت جیب کلّی EZ به‌جیب‌تمام انحطاط یعنی ZM ، همچندِ نسبت EK به KT است، و با تفصیل این نسبت معلوم می‌شود که نسبت EZ به فزونی آن بر ZM که مساوی با جیب معکوس BZ [یعنی BZ cos — ۱] است ، همچندِ نسبت EK به فزونی آن بر KT یعنی EL است ، و از اینجا ، با معلوم بودن EL ، EK معلوم می‌شود ، وازآن‌رو LK برحسب واحدی که EL باآن پیموده شده به‌دست می‌آید . وچون نصف قطرزمین دانسته باشد ، محیط آن نیز دانسته خواهد شد .

و نیز چون LO را در نقطهٔ L مماس کنیم ، با معلوم بودن زاویهٔ E ، نسبت EL به LO ، همچندِ نسبت جیب زاویهٔ انحطاط EOL است به جیب زاویهٔ OEL که متمّم

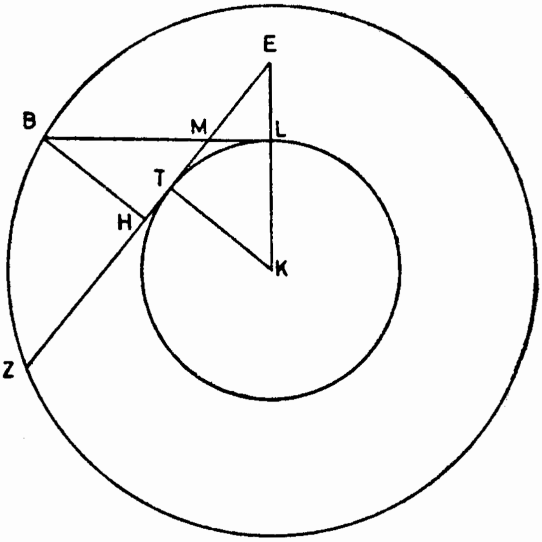
انحطاط است . پس LO مساوی OT معلوم می‌شود . و چون EO هم معلوم است ، ET نیز به‌دست می‌آید . و نسبت ET به KT ، همچند نسبت جیب انحطاط به جیب تمام انحطاط است ، و بنابراین اضلاع مثلّث KTE معلوم است .



[شکل ۵۳]

۲۴۱ و مأمون درست از همین راه محیط زمین را به‌دست آورد . ابوالطّیّب سَنَد بن علی گفته است که در آن هنگام که مأمون به‌سوی روم رهسپار شد با وی همراه بود ، و چون بر سر راه خود به کوه بلندی مشرف بردریا رسید ، وی را فرا خواند وفرمانش داد که بر کوه بالا رود و از قلّهٔ آن انحطاط خورشید را هنگام فرو رفتن آن اندازه

بگیرد، و وی چنین کرد و از همین راه محیط زمین را یافت: فرض کنیم [شکل ٥٤] LT محیط زمین با مرکز K و LE ارتفاع کوه و خطّ LB در افق حسّی باشد. چون خطّ EZ را بر کرهٔ زمین در نقطهٔ T مماس کنیم، BZ اندازهٔ انحطاط در دایرهٔ ارتفاع خواهد شد. KT را می‌کشیم و عمود BH را بر EZ فرود می‌آوریم که برابر با جیب انحطاط است، چه M جانشین مرکز است و MZ نصف قطر. پس MH جیب تمام انحطاط معلوم است و MB جیب کلّی است و بنا بر آن اضلاع مثلّث BMH معلوم

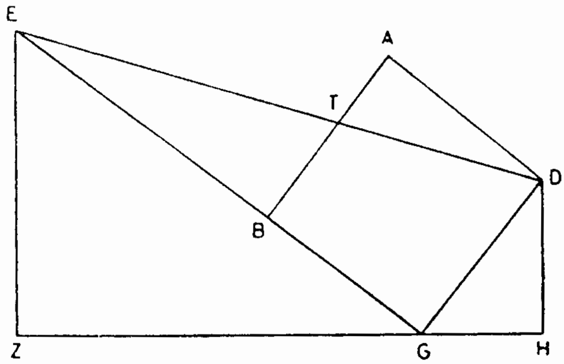


[شکل ٥٤]

می‌شود. و چون این مثلّث مشابه بامثلّث ETK است، پس نسبت MB به MH، همچند نسبت EK به KT است، و با تفصیل این نسبت، نسبت MB به فزونی آن بر MH، ٢٤٢ همچند نسبت EK به EL می‌شود، پس LK معلوم است و این همان است که می‌خواستیم.

و امّا برای یافتن ارتفاع کوه که از یکی از گونه‌های شناختن ابعاد است، سطح چهارگوشی بازاویه‌های قائمه همچون مربّع ABGD به‌اندازهٔ یک ذراع در یک ذراع

می‌سازیم [شکل ۵۵] ، و دوضلع AB و AD را به هراندازه از قسمتها که ازحیث مقدار و شماره با یکدیگر برابر باشد تقسیم می‌کنیم . در دوگوشهٔ B و G دو میخ قائم بر سطح مربّع استوار می‌کنیم ، و برگوشهٔ D عِضاده‌ای دارای دو هَدَفَه یا دو میخ که طول هریک از آنها برابر با قطر مربّع است ، وجای یکی از آنها را می‌توان تغییرداد، قرار می‌دهیم . فرض‌کنیم ارتفاع کوه EZ و سطح افق ZG باشد . این اسباب را به صورت قائم بر سطح افق قرار می‌دهیم و آن را چندان بالا و پایین می‌بریم تا چون از زاویهٔ G ۲۴۳
در آن بنگریم ، دو میخ G و B قلّهٔ E کوه را بپوشاند . اسباب را در این وضع ثابت می‌کنیم و از نقطهٔ D سنگی فرو می‌اندازیم و محلّ فروافتادن‌آن را در H می‌یابیم ؛ سپس



[شکل ۵۵]

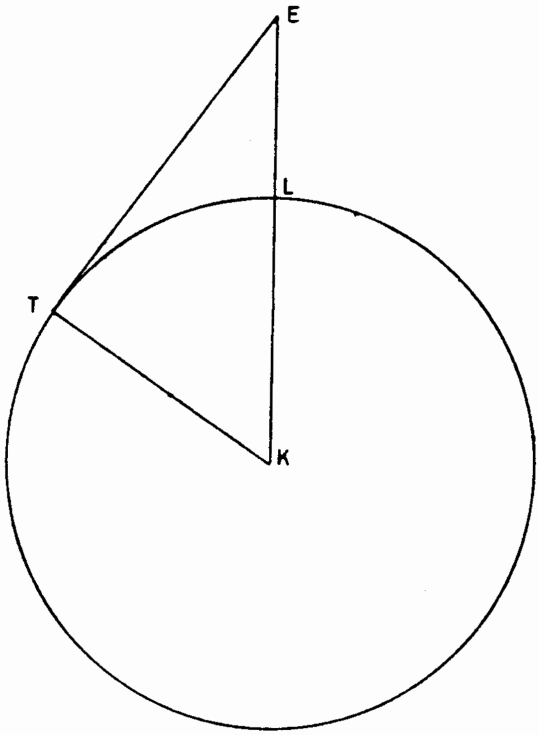
اندازهٔ فاصلهٔ میان G و محلّ فروافتادن سنگ H را بر حسب تقسیمات ضلع مربّع به‌دست‌می‌آوریم . آنگاه به‌قطب D بازی‌گردیم و عِضاده را چندان پایین وبالا می‌بریم تا قلّه را از دو هَدَفه ببینیم یا هردو میخ آن را بپوشاند و چنان نماید‌که [شعاع گذران بر قلّه] بر نقطهٔ T گذشته است . پس از تشابه دومثلّث DAT و EGD ، نسبت TA به AD ، همچندِ نسبت DG به GE خواهد شد . پس شمارهٔ تقسیمات AD را در DG که مساوی یک ذراع است ضرب و حاصل را برشمارهٔ تقسیمات AT قسمت می‌کنیم که اندازهٔ GE بر حسب ذراع به‌دست خواهد آمد . و نسبت GE به EZ ، همچندِ

نسبت DG به GH است ، چه مجموع دوزاویهٔ DGH و EGZ ، و نیزمجموع دوزاویهٔ EGZ و GEZ هردویک قائمه‌است ، پس چون زاویهٔ EGZ را که مشترک‌است‌حذف کنیم ، زاویهٔ بازماندهٔ DGH با زاویهٔ GEZ و بنابرآن زاویهٔ GDH با زاویهٔ EGZ برابر می‌شود ؛ پس چون EG را در GH ضرب و حاصل را برشمارهٔ تقسیمات ضلع مربّع DG قسمت‌کنیم ، EZ که مطلوب است معیّن خواهد شد .

و هنگامی که من در قلعهٔ نَنْدنَه ازسرزمین هند بودم ، و برکوه مشرف برآن ٢٤٤
از طرف مغرب بالا رفتم ، و بیابان جنوبی آن را دیدم ، برآن شدم که این روش را درآنجا بیازمایم . پس برقلّهٔ کوه آنجا را که به‌نظر می‌رسد کرهٔ لاجوردی به زمین می‌رسد رصد کردم و خطّ دید را به‌اندازهٔ ′٣٤ °٠ از خطّ عمود برخطّ قائم فرو افتاده یافتم. و ارتفاع کوه را اندازه گرفتم و آن را ″١٨ ′٣ ذراع ٦٥٢ ازذراع پارچهٔ مرسوم درآن سرزمین یافتم که در تصویر[شکل ٥٦] همان خطّ EL است . چون زاویهٔ T قائمه است ، و زاویهٔ K به‌اندازهٔ انحطاط ′٣٤ °٠ ، و زاویهٔ E به‌اندازهٔ متمّم آن یعنی ′٢٦ °٨٩ است ، پس زوایای مثلّث ETK معلوم است ، و اضلاع آن برحسب مقیاسی که EK جیب کلّی باشد معلوم خواهد بود . بااین مقیاس ، TK برابر می‌شودبا ″٤٩ ′٥٩ °٥٩ [یعنی این اندازه نسبت به شعاع بنابرآنکه شعاع °٦٠ فرض شود] ، و تفاوت آن با جیب‌کلّی ″١١ ′٠ °٠ همان ارتفاع EL است . ولی اندازهٔ EL برحسب ذراع معلوم است ، و نسبت ذراعهای آن به ذراعهای LK ، همچند نسبت ″١١ ′٠ °٠ است به ″٤٩ ′٥٩ °٥٩ . و حاصل ضرب ″١٨ ′٣ ذراع ٦٥٢ که‌شمارهٔ ذراعهای EL است در ″٤٩ ′٥٩ °٥٩ که اندازهٔ اجزاء LK است، می‌شود ٤٢IV ‴٢٣ ″٢٧ ′١٨ ١٢١ ،٣٩ ، وچون این مقدار را بر ″١١ ′٠ °٠ که اجزاء EL است تقسیم کنیم ، ″٩ ′٢ ذراع ١٢،٨٥٣،٣٣٧ به دست می‌آیدکه شمارهٔ ذراعهای نصف قطر (شعاع) زمین یعنی LK است ، وبنا بر این طول محیط آن برحسب ذراع می‌شود ″٣٩ ′٣٠ ذراع ٨٠،٤٧٨،١١٨، ودرازای یک جزء ازسیصد و شصت جزء

محیط زمین [یعنی یک درجه] ، ۲۲۳٬۵۵۰ ذراع ۱۹′ ۴۵″ . وچون این مقدار را ۲۴۵
بر ۴٬۰۰۰ تقسیم کنیم، عدّهٔ میلهای موجود در یک درجه برابر با ۵۵ میل ۵۳′ ۱۵″ به‌دست می‌آید که از روایت حَبَش چندان به‌دور نیست ؛ و توفیق‌دهنده خدا است .

و پس از ذکر آنچه گذشت ، خواستهٔ من شناختن طول شهر معیّنی از زمین



[شکل ۵٦]

است که وضع آن نسبت به‌سایر شهرها دانسته است ، وآن شهر غزنه است که تاکنون جز عرض آن را نتوانسته‌ام رصد کنم . و امّا تعیین طول آن از راههایی که یاد کردم، به علّت موانعی که پیش آمد میسّر نشد . و اگر این موانع را عذرخواه خود سازم ، ناسپاسی نعمتهای آشکار و پنهان خدا و سپس نعمتهای ولیّ نعمتی کرده‌ام که این نعمتها

به‌دست او بر من ارزانی داشته شده است . پس از خدای تعالی توفیق می‌خواهم تا مرا
برای دست یافتن به پژوهشهایی که بدانها عشق می ورزیده‌ام ، ودر رسیدن به آنها همّت
۲۴۶ من از خطرهایی که ممکن است به جان و تنم برسد سستی نگرفته است، مددکند و کار
را بر من آسان‌گرداند ، تا مگر پیش از آنکه اجل فرا رسد این‌کار را به پایان برم ،
و از او چشم آن دارم که به‌فضل خود مرا در نیکی این جهان وآن جهان یاری فرماید.

پس می‌گویم: بیشتر طولها وعرضهای نقاط زمین‌که در**جاوغرافیا** آمده، ازروی مسافات میان آن نقاط است‌که بَطْلَمْیوس شنیده و ناگزیر از درسترین راه این‌طولها و عرضها را بیرون‌آورده‌است . وامّا دیگران ، یاازوی پیروی کرده یاچنین‌نبوده‌اند، و درهرصورت اصلی‌که بنای‌کار بوده همان شنیدن نقلهای دیگران بوده است.

وگذشتن از این‌کشورها درگذشته ، به‌سبب اختلاف درعقاید بسیار دشواری داشته ، چه هرکس برای‌کشتن مخالف دین خود شتاب می‌ورزیده و این‌کار را وسیلهٔ نزدیک‌شدن به پروردگار خود می‌دانسته‌است، چنانکه جهودان چنین می‌کردند؛ واگر راه مسالمت پیش می‌گرفته ، همانند رومیان او را به‌بندگی خویش درمی‌آورده است، یا به وی به چشم بیگانه می‌نگریسته و تهمتهایی بروی می‌بسته و ازاین‌راه سختیهای جانکاه به او می‌چشانده است .

و امّا اکنون‌که دین اسلام در شرق و غرب زمین آشکار شده ومیان اَنْدَلُس
از مغرب وکنارهای چین و میانهٔ هند از شرق ، و میان حبشه و سرزمین زنگیان در
۲۴۷ جنوب وسرزمین ترکان وصَقالِبَه در شمال پراکنده شده ، ملّتهای‌گوناگون بایکدیگر
الفتی پیدا کرده‌اند که تنها ساختهٔ خدا است ، و در میان ایشان جز تباهی تباهکاران و
کسانی‌که مایهٔ ترس در راهها می‌شوند چیزی برجای نمانده است ؛ و آنان که برکفر
خود باقی مانده‌اند ، از اسلام بیم دارند و مسلمانان را بزرگ می‌دارند و با ایشان به صلح
و صفا زندگی می‌کنند ؛ وبه‌همین جهت آنچه در بارهٔ مسافتها اکنون شنیده شود درستتر
و بیشتر قابل اعتماد است . بسیار می‌شودکه درکتاب **جاوغرافیا** شهری را در مشرق

شهر دیگر می‌یابیم ، که در واقع در مغرب آن است ، و بالعکس . و سبب این یا آن بوده است که در ذکر مسافتهایی که طولها و عرضها از آنها بیرون آورده شده اشتباه و پریشانی رخ داده ، یا اینکه مردمان از جایی به جای دیگر کوچ کرده و نام شهرها را با خود همراه برده‌اند . و اگر چنین کاری بر بطلمیوس روا باشد ، همانندآن بر ما نیزروا است . ولی آن کس که در حال رصدها پژوهش کند ، خواهد دانست که تصحیح [طولها] ازطریق مسافتها ، درصورتی که به‌دقت انجام شود و راههای هموار ازراههای کوهستانی خوب باز شناخته شود و چگونگی کوهستانها واندازهٔ پیچهای راه و اوضاع آنها را درنظر بگیرند ، اگر برتصحیح از راه کسوفهای ماه برتری نداشته باشد از آن کمتر نیست .

و اکنون به بیان راههای به‌دست‌آوردن مسافتها از روی طولها وعرضهاویافتن طولها و عرضها از روی مسافتها می‌پردازیم ، و چند شهر معروف را بدین وسیله اندازه می‌گیریم تابه‌آنچه در پی یافتن آن بوده‌ایم برسیم . ۲۴۸

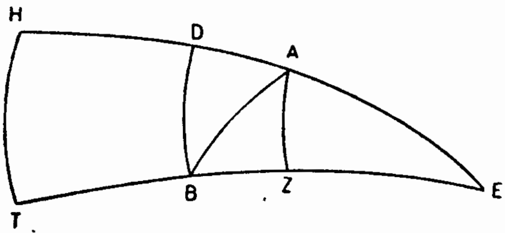
گفتار در بیرون آوردن مسافتها و طولها و عرضها از یکدیگر

اگر دو شهر بر یک نصف‌النّهار باشد ، که در این صورت طول آن دویکی است و عرضهاشان اختلاف دارد ، اختلاف عرض آنها همان دوری آنها از یکدیگر بر دایرهٔ نصف‌النّهار است که دایره‌ای عظیمه است ، پس چون [شمارهٔ درجات این دوری] در معادل مساحت‌شدهٔ درجه – چنانکه یادکردیم – ضرب شود ، مسافت به دست می‌آید .

و امّا اگر دو شهر بر یک مدار باشند که در این صورت عرضهاشان یکی است و طولهاشان متفاوت، دوری (بعد) میان آنها بر روی دایرهٔ عظیمه‌ای است که از آن دو می‌گذرد نه بر روی مدار ، و وتر آن همان وتری است که میان آنها بر مدار واقع است، و نسبت آن به وتر میان دوطول همچندِ نسبت جیب تمام عرض آنها است به جیب کلّی . پس چون وتر[قوس]میان دوطول رادرجیب تمام عرض‌آنهاضرب وحاصل‌را بر جیب کلّی قسمت کنیم، وتر دوری دوشهر از یکدیگر به‌دست می‌آید ؛ وچون[قوس] دوری را در معادل مساحت‌شدهٔ درجه ضرب کنیم ، مسافت پیدا خواهد شد .

و اما اگر طول و عرض دو شهر هردو متفاوت باشد : A را یکی از دو شهر ۲۴۹
[شکل ۵۷] و B را شهر دیگر فرض می‌کنیم، وقوس دوری AB را بر آنها می‌گذرانیم؛ اگر E قطب شمالی معدّل‌النّهار ، و EAH نصف‌النّهار A و EBT نصف‌النّهار B باشد، و به‌قطب [مرکز] E مدار AZ را به‌شعاع EA و مدار BD را به‌شعاع EB رسم کنیم ،

نقطه‌های A و D و B و Z ، به علّت برابر بودن دو وتر AD و BZ و متوازی بودن دو وتر AZ و BD ، بر محیط یکٔ دایره‌واقع خواهند شد . و هریکٔ از دو نسبت جیب EA که متمّم عرض است به وتر AZ و جیب EB به وتر BD ، همچند نسبت جیب ربع [دایرهٔ] EH به‌جیب HT که تفاوت دوطول است خواهد شد . پس چون جیب تمام عرض هریکٔ از دوشهر را در وتر میان دوطول ضرب و حاصل‌را برجیب کلّی تقسیم کنیم ، وتر اختلاف دوطول بر مدار آن شهر به‌دست می‌آید . و افزودهٔ حاصل ضرب وتر AZ دروتر BD برحاصل ضرب دووتر مساوی AD و BZ دریکدیگر، برابر است با حاصل ضرب دو وتر مساوی AB و ZD در یکدیگر. پس چون دوخارج‌قسمت



[شکل ۵۷]

[سابق] را در یکدیگر ضرب کنیم ، و نیز وتر تفاضل میان دو عرض را در خودش ضرب کنیم ، و این دو حاصل را بریکدیگر بیفزاییم وازآن جذر بگیریم ، وتر بعد AB به‌دست می‌آید، وباضرب کردن [قوس] دوری درمعادل مساحت‌شدهٔ درجهٔ مسافت پیدا خواهد شد .

و هندیان را در این باره کتابی است که به‌نام « **اندازه‌گیری زمین و آسمان** » معروف است که دارندهٔ آن نخست ، با ضرب کردن جیب معکوس عرض بلد در ۲۵۰
شمارهٔ فرسخهای نصف دور زمین که در نظر ایشان ۳۲۹۸ فرسخ و هفده بیست و پنجم فرسخ است، وتقسیم کردن حاصل بر۳۴۳۸ ۴' دقیقه، وکم کردن خارج قسمت ازنصف دور که ۱۸۰ است ، طوق مدار آن شهر را به‌دست می‌آورد . پس اگر عرضهای دوشهر با یکدیگر برابر باشد ، تفاوت میان دوطول را درطوق مدار ضرب و حاصل‌را بر ۱۸۰ قسمت‌می‌کند، وآنچه بیرون می‌آید فرسخهای بزرگٔ‌است. سپس یکٔ‌ششم آنرا

بر آن می‌افزاید ، واین افزودن برای آن است که راهی که مردمان و چارپایان در میان دو شهر می‌پیمایند [که خطّ مستقیم و بر دایرهٔ عظیمه نیست] به دست آید . و اگر دو طول با یکدیگر برابر باشد، تفاوت دوعرض را در ربع دور زمین که ۱٬۶۴۹ فرسخ وهفده پنجاهم فرسخ است ضرب وحاصل را بر ۹۰ قسمت می‌کند که فرسخهای بزرگ
۲۰۱ به دست می‌آید ، و چار یک آن را بر آن می‌افزاید که به‌گمان او فاصله‌ای که باید در میان دو شهر پیموده شود به دست می‌آید . واگر طول وعرض هردو متفاوت باشد، از روی تفاوت میان دو عرض دوری را بیرون می‌آورد و آن را در خود ضرب می‌کند و محفوظ می‌دارد ؛ سپس طول هریک از دو شهر را در طوق مدارش ضرب و حاصل ضرب را بر ۱۸۰ تقسیم می‌کند ، و تفاضل دو خارج قسمت را به دست می‌آورد و آن‌را درخود ضرب می‌کند و برمحفوظ می‌افزاید ، و جذر این افزوده‌را پیدا می‌کند که فرسخهای بزرگ است ، و با افزودن یک سوم بر آن مسافت راهپیمایی میان دو شهر را به دست می‌آورد .

واما بیان حقیقت این عمل : طوق مدار [درازی] نصف مداراست بافرسخهای دایرهٔ عظیمه [فرسخهای بزرگ] که ۶٬۵۹۷ فرسخ و نه بیست‌و پنجم فرسخ‌است ؛ چه اگر قطر زمین ۲٬۱۰۰ فرسخ باشد، بنا برنسبت محیط به قطر که به حساب ارشمیدس سه برابر و یک هفتم برابر است ، محیط زمین می‌شود ۶٬۶۰۰ فرسخ . ولی این نسبت در نزد هندیان نسبت ۳٬۹۲۷ به ۱٬۲۵۰ است، چه آنان از راه وحی وآگاهی دادن فرشتگان چنین نقل کرده‌اند که محیط دایرهٔ ستارگان که همان فلک البروج است ، ۱۲۵٬۶۶۴٬۰۰۰ فرسخ است وقطرآن ۴۰٬۰۰۰٬۰۰۰ فرسخ . و براین نسبت، اگر ۲۰۲
قطر زمین بنا برنقل سمعی ایشان ۲٬۱۰۰ [فرسخ] باشد ، دور آن می‌شود ۶٬۵۹۷ فرسخ ونه‌بیست‌وپنجم فرسخ . وهمان‌گونه که‌اصحاب **سِنْد هِنْد** کوچک از روزهای **سِنْد هِنْد** بزرگ صفرهای آغاز آن را حذف کردند ، و از دورهای خورشید درآن به همان شماره صفرها را انداختند ، دراینجا نیز چنین کردند و نسبت قطر را به محیط

نسبت ٤٠٬٠٠٠ به ١٢٥٬٦٦٤ گرفتند ، واین چیزی است که خوارزمی در **زیج** و در **جبر ومقابلهٔ** خود پس از نصف کردن [اعداد] ازآنان یادکرده‌است . ولی این دوعدد تا جزء یک سی و دوم بایکدیگر مشترکند ، ونتیجه آن می‌شودکه یادکردیم .

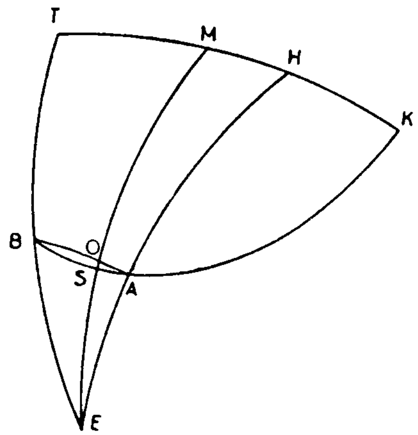
و من می‌گویم : [در دو دایره] نسبت محیط به محیط همچون نسبت قطر به قطر است ، به هرصورت که تقسیم شده باشد ، ونصفهای آنها نیز چنین‌است . پس نسبت نصف قطر مدار به نصف قطر کره برابر است بانسبت نصف دور مدار به نصف دور دایرهٔ عظیمه . ولی اگر دور [دایره] سیصدوشصت جزء باشد ، درنزد هندیان می‌شود ١١٤° ٣٦′ ونصف آن ٥٧° ١٨′ ، که اندازهٔ دقیقه‌های آن ٣٬٤٣٨ است ، و به‌همین جهت‌است که در کَرْدَجات[1] خود جیب کلّی را این اندازه قرار داده و باقی جیبها را نسبت به‌آن حساب کرده‌اند . و از تفصیل نسبت سابق چنین حاصل می‌شود که نسبت
۲۰۳ نصف قطرکره به فزونی آن بر نصف قطر مدارکه همان جیب معکوس عرض مدار است ، همچند نسبت محیط دایرهٔ عظیمه است به فزونی آن برنصف محیط مدار . پس چون جیب‌معکوس عرض بلد را درنصف محیط زمین ضرب وحاصل را برجیب کلّی تقسیم کنیم ، کاستی اندازهٔ نصف مدار از نصف دایرهٔ عظیمه به دست می‌آیدکه اگر آن را ازنصف محیط زمین بکاهیم ، طوق مدار یعنی فرسخهای نیمهٔ آن حاصل می‌شود .

چون پاره‌های مدارها که در میان دایره‌های عظیمهٔ خارج شدهٔ از قطب قرار گرفته باهم مشابه است ، اگر دو شهر A و B را دارای عرضهای برابر فرض کنیم [شکل ٥٨] ، و برقطب E و به شعاع EA مدار AB را رسم کنیم ، AB مشابه HT خواهدبود. و نسبت HT که تفاوت میان دو طول است به نصف دور یعنی صد و هشتاد ، همچند

---

١ ـ کردجه صورت عربی‌شدهٔ کلمهٔ هندی کرمجیا به معنی وتر مستوی است ، و آن جیب قوس ′٢٢٥ است که ١/٢٤ ربع دایره است . برای اطلاع بیشتر به ترجمهٔ کتاب نلینو به نام « **تاریخ نجوم اسلامی** » توسط مترجم کتاب حاضر ، ص ٢١٣ - ٢١٠ مراجعه شود .

نسبت فرسخهای AB است به طوق مدار . به همین جهت چون اوّل [HT] را درچهارم [طوق مدار] ضرب و حاصل را بر دوم [۱۸۰] تقسیم کنیم ، سوم [فرسخهای AB] به دست خواهد آمد . چیزی که هست ، قوس AB واقع برمدار کمترین فاصلهٔ میان دو شهر A و B نیست ، بلکه کمترین فاصله بر دایرهٔ عظیمه‌ای است که بر آن دوگذشته باشد ؛ AB واقع برمدار موازی با HT است ، ولی AB واقع بر دایرهٔ عظیمه HT را قطع می‌کند . اگر این دایره KAS و نقطهٔ M وسط HT باشد ، و ESOM را وصل کنیم ، نسبت جیب KA به جیب KS ، همچند نسبت جیب AH به جیب SM خواهد ۲۰۴
بود ؛ وچون KA پاره‌ای از KS است، پس AH کوچکتر از SM ، و HA که مساوی



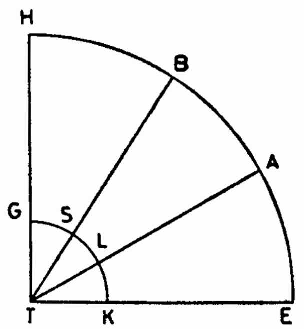
[شکل ۵۸]

MO است کوچکتر از MS می‌شود . ولی AS کوچکترین فاصلهٔ میان A ودایرهٔ ESM است ، چه اگر دایره‌ای به قطب A و شعاع AS رسم شود، با دایرهٔ EM مماس می‌شود و AO را درنقطه‌ای میان A و O قطع می‌کند ، پس AS کوچکتر از AO است و ، بنا برآن ، دو برابر AS یعنی ASB کوچکتر از AOB می‌شود و به همین جهت عمل ایشان دراین قسم درست نیست .

واما گونهٔ دوم آن است که دو طول بایکدیگر برابر و دو عرض مختلف باشد

که عمل ایشان دراین‌گونه درست است . چه اگر B [شکل ۵۹] بر نصف النّهار EAH ، و T مرکز ، و GK ربع دایرهٔ زمین باشد،و ALT و BST را رسم کنیم، نسبت
۲۰۵ تفاوت دوعرض AB به ربع فلک EH که نود درجه است، همچندِ نسبت مسافت LS به ربع دایرهٔ KG خواهد شد ، پس چون اوّلِ AB را درچهارم KG ضرب و حاصل را بر دوم [۹۰] قسمت کنیم ، LS به دست خواهد آمد .

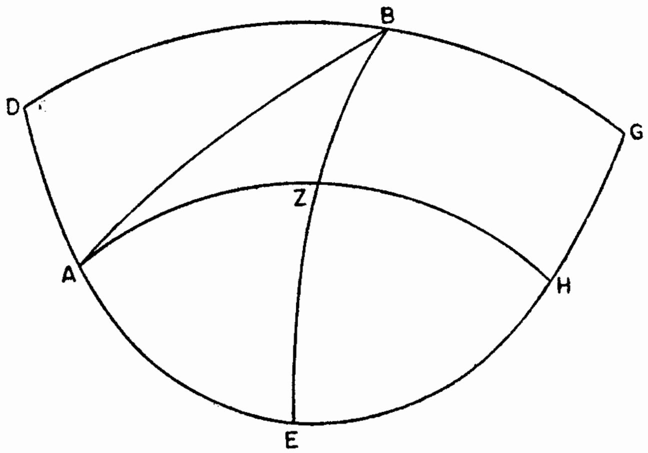
واممّا درگونهٔ سوم که در آن طول وعرض هردو بایکدیگر متفاوت‌است، سهل انگاری یا اشتباه از حدّ روا بیشتراست . فرض کنیم EHG دایره‌ای [نصف‌النّهاری] باشدکه آغاز قسمت آبادان زمین را در یکی از دوجهت شرق یا غرب که فرض شده



[شکل ۵۹]

باشد محدود می‌کند [شکل ۶۰] . در این صورت BZ یا AD اندازهٔ مسافت از جهت عرض است ، و به جان خودم سوگندکه بنا برآنچه یاد کردم این درست است . GB طول شهر B و HA طول شهر A است ، و چون آنها را از صورت درجه به صورت فرسخهای زمین تحویل کنیم ، درست در دو مدار خود از اعدادی به اعداد دیگر تبدیل می‌شوند ، بی‌آنکه چنین عملی آنهارا ازمیان ببرد .

۲۰۶ وصاحب عمل پنداشته است که اگر تفاضل GB و HA را پیدا کند ، همان AZ است ، درصورتیکه چنین نیست ، چه GB مشابه HZ است ولی با آن برابر نیست ؛ پس چون GB از HA کاسته شود، چیزی می‌ماند بزرگتر از AZ . بلکه برای یافتن AZ



[شکل ۶۰]

باید تفاضل دو طول را که در اوّل محاسبه به دست آمد ، درطوق مدار B ضرب و حاصل را بر صدو هشتاد قسمت کنیم تافرسخهای BD معلوم شود، وچون همان تفاضل را درطوق مدار A ضرب وحاصل را بر صدو هشتاد قسمت کنیم ، فرسخهای AZ به‌دست می‌آید . و یافتن این‌اندازه‌ها هیچ سودی برای رسیدن به‌حقیقت [مسافت] AB ندارد، چه این امر که مربّع وتر مثلّث قائم‌الزّاویه برابر با افزودهٔ مربّعهای دوضلع آن‌است، از خواص مثلّثی‌است که اضلاع آن خطهای راست باشد ، واضلاع مثلّث [کروی] ABZ چندان کوچک نیست که بتوانیم آن را همچون مثلّثی با خطوط راست تصوّر کنیم .

واگر چنان بود که زاویهٔ Z به سبب قائمه بودن چنین امری را موجب می‌شد ، زاویهٔ D نیز قائمه است و بنابرآن مربّع AB هم مساوی مجموع دو مربّع AZ و ZB ، و هم مساوی مجموع دو مربّع AD و DB می‌شود. ولی AD مساوی BZ است وبنابرآن لازم است DB نیز مساوی AZ باشد . و نسبت DB به AZ مشابه آن ، همچند نسبت مدار B است به‌مدار A، وچون عرضهای دو مدار متفاوت و مدار A کوچکتر ازمدار B است ، ناگزیر AZ کوچکتر از DB خواهد بود، وآنچه به برابر بودن آنها بینجامد ۲۰۷

محال‌است. چیزی که هست، کسانی که دراین‌گونه وگونهٔ اوّل به‌چنین‌عملی پرداخته‌اند، همان‌کار را کرده‌اند که مارینوس برای ترسیم صورت زمین و بتّانی برای یافتن سمت قبله‌کرده بوده ، بدین معنی که نصف النّهارها و مدارها هردو را به صورت خطوط مستقیم متوازی رسم می‌کنند و ازاین راه در خطای آشکار می‌افتند .

واماّ اینکه مسافتها در رفتن ازشهری به شهر دیگر بیش‌ازآن است‌که با محاسبه به‌دست می‌آید، بدان جهت‌است‌که آنچه از محاسبه حاصل می‌شود در راستای گذرگاه پیکان است ، درصورتیکه راههای سفر از یک شهر به شهر دیگر چنین نیست و در آنها کج شدن به راست و چپ راه پیکانی و بالا رفتن وفرود آمدن هست، و به همین
۲۰۸ جهت می‌دانیم که فاصلهٔ دو شهر ناگزیر از بُعد [بر امتداد دایرهٔ عظیمهٔ] آنها بیشتر است . و محاسبان معمولاً یک ششم بُعد را برآن می‌افزایند ، و نه چنان است که این افزایش ناگزیر باید به همین اندازه باشد ، چه مقدار این افزایش بستگی به پیچهای راه داردکه شمارهٔ آنها نامحدود واندازهٔ آنها نامعیّن است .

و از این در شگفتم که هندیان در مدار یک ششم ، و در دایرهٔ نصف النّهار یک چهارم ، و در دایرهٔ ارتفاع یک سوم می‌افزایند، وگمانم این است‌که بدان جهت چنین می‌کنندکه همهٔ کسرها را درعمل بیاورند، وگرنه چیزی‌که مقتضی این‌نظم برای هرنهادی‌که شهرها نسبت به یکدیگر داشته باشند بوده باشد ، وجود ندارد .

مکّه و بغداد را مثل می‌زنیم : بعد میان آنها بردایرهٔ ارتفاع برحسب طول و عرض آنها ″۵۱ ′۱ °۱۲ است ، برآن فرض‌که عرض مکّه ′۴۰ °۲۱ وعرض بغداد ′۲۵ °۳۳ واختلاف‌طول‌آنها ′۰ °۳ باشد . پس‌چون آنرا در درازای‌یک‌درجه‌به‌میل ضرب کنیم مسافت میان آنها ″۵۰ ′۴۴ میل ۶۸۱ به دست می‌آید . و مأمون کسی را مأمورکردکه این راه را ذرع کند و اندازه‌ای که یافته شد ۷۱۲ میل بود ، و تفاوت این دو مقدار ′۱۵ میل ۳۰ است که نسبت به همهٔ فاصله نزدیک یک سوم از یک هشتم است .

سپس می‌گویم : چهار چیز به دو شهر بستگی دارد : عرضهای آن‌دو واختلاف
۲۵۹ طول و بُعد . پس چون سه عامل دانسته باشد ، در بعضی از حالات می‌توان عامل
چهارم را به دست آورد . و دراینجا سه ترکیب پیدا می‌شود : نخست آنکه دو عرض واختلاف طول دانسته باشدکه از آن بُعد پیدا می‌شود ، و این همان است که ازآن یاد کردم ؛ دوم اینکه دو عرض با بُعد دانسته باشدکه از روی آنها اختلاف طول معلوم می‌شود ؛ و سوم اینکه بُعد و اختلاف طول و یکی از دو عرض دانسته باشد ، که از روی آنها عرض دیگر به دست می‌آید . و این دو همان چیزی‌است که ازآغاز این‌بحث منظور نظر ما بوده است .

و اکنون به تصحیح طولها وعرضهای شهرها می‌پردازیم واز روی یکی ازآنهاکه درنزد ما درست است دیگری را به‌دست می‌آوریم . و مدینة السّلام بغداد را پایه قرار می‌دهیم وطول شهرها را به‌آن می‌سنجیم؛ چه رصدها درآن صورت گرفته و دارالخلافه و پایگاه کشورداری و فرمانروایی است ، و آنچه میان آن و اسکندریّه است دانسته است . بغداد نزدیک بابل است ، و بابل پیش از طوفان و پس‌از آن تا زمان اسکندر همان بوده‌که اکنون هست .

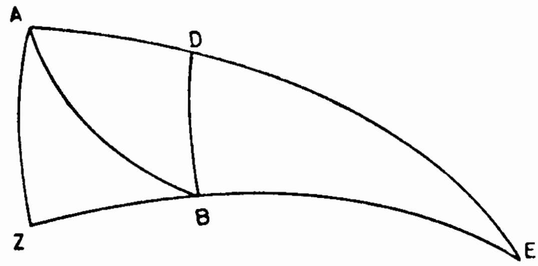
وامّا شهرهای باعرضِ دانسته‌که‌آنهارا در نمونه‌های عمل پایگاه می‌گیرم، بغداد است و شیراز و سجستان و سپس ری و نیشابور و جرجانیّهٔ خوارزم و بلخ . وآنگاه شهرهای دیگر را ، هرچند به پای این شهرها نمی‌رسند ، همچون گواه برآنها می‌افزایم
۲۶۰ و یکی‌را با دیگری می‌سنجم تا اندازهٔ طولهای آنها چنان به دست آید که مایهٔ آرامش
خاطر تمام شود . سپس ازآنها به‌شهر غزنه‌که مطلوب من‌است وهمهٔ رصدها وکارهای من درآن صورت می‌گیرد خواهم پرداخت . وآشکاراست که با ترکیب آنها بعضی کرانه‌ها و بعضی میانه‌ها [ی نسبتها] می‌شود ، و بعضی با بعضی دیگر نسبتهای ساده یا مرکّب پیدا می‌کند . ومثالها برای حسابگر راهنما است و درآزمایش وامتحان به‌او مدد

می‌رساند ، چه با چندان پریشانی فراوانی که دارم خود را از سهو کردن در محاسبه ایمن نمی بینم ؛ و خدا است که آدمی را به رفتن بر راه راست کامیاب می کند .

یافتن اختلاف طول میان بغداد و ری

پیشتر گفتیم که رسم درمیان اهل این صناعت چنان است که شش یک مسافت‌را درامثال این اعمال از آن می کاهند تا دوری بر گذرگاه پیکان به‌دست آید، درصورتیکه هیچ دلیل قطعی برای این کار نیست و حالت خاصّی وجود ندارد که در آن حالت کم کردن درستِ این یک ششم لازم شود ، چه مسافتها از حیث هموارى و ناهموارى و بیشی و کمی پیچها وفرو رفتگیها بسیار بایکدیگر متفاوت است . پس اگر کم کردن برای این‌است ، لازم می‌آید که مقدار آن نیز با مختلف شدن این عوامل تغییر کند ، و بسته
۲۶۱ به‌آن باشد که راهی که پیموده می‌شود چه اندازه از راه راست انحراف دارد . و اگر راه فراز ونشیب نداشته باشد ، ممکن‌است درمیان کوهها وهنگام گذشتن از دره‌ها ، به سبب پیچهای راه وپیش‌آمدن رودهایی که گذرگاههای آنهارا [از راه مستقیم] دور می کند ، یا آبگیرهایی که گشتن بر پیرامون آنها طول می کشد، ونیز به سبب لزوم دور شدن از جادّهٔ راست برای رسیدن به‌آبشخور و پناهگاهی که در سفر رفتن به‌آنها ناگزیراست ، و مانندهای اینها ، چیزی همانند آن یک ششم بر بعد [گذرگاه پیکان] اضافه شود تا مسافت [یعنی راهی که مسافر باید بپیماید] به دست آید .

فرض کنیم [شکل ٦١] A محلّ بغداد بر روی زمین یا سمت الرّأس مردم آن بر آسمان، و AZ مدار آن، و E قطب شمال، و EDA دایرهٔ نصف‌النّهار این‌شهر باشد ، که آنگاه EA متمّم عرض آن خواهد بود . اگر B محلّ شهر ری و BD مدار و EBZ نصف النّهار آن باشد ، EB متمّم عرض شهر ری و AD تفاوت عرضهای دو شهر و AB از دایرهٔ عظیمهٔ مسافت میان آنها می‌شود . در آن قسمت از راه که میان بغداد



[شکل ۶۱]

و حُلْوان است ، ونیز آن قسمت که میان همدان و ری است ، به‌علّت هموای زمین ، مقتضی است که کمتر از یک ششم مسافت کاسته شود ، و درفاصلهٔ میان حُلوان وهمدان به اندازهٔ یک ششم یا بیشتر .

فاصلهٔ میان بغداد و ری ۱۵۸ فرسخ است ، و چون یک ششم آن را بکاهیم تقریباً ۱۳۲ فرسخ می‌شود ، و این نتیجه با ضرب‌کردن فاصله در پنج و قسمت‌کردن آن بر شش به دست می‌آید . و چون حاصل در سه ضرب شود ، فاصله برحسب میل ۳۹۷ است که از قسمت کردن آن بر ′۴۰ میل ۵۶ که اندازهٔ مسافت یک درجه بنا برنظر متأخّران است واز امتحان من که پیشتر یاد شد نیز دور نیست ، شمارهٔ درجات برابر با ″۲۱ ′۰ °۷ به دست می‌آید . ۲۶۲

وچون درچهارضلعی حاصل از وترهای AD و DB و BZ و ZA که در دایره‌ای محاط است، دو وتر AD وBZ بایکدیگر برابر ودو وتر دیگر AZ و BD بایکدیگرموازی است ، دو قطر AB و ZD درآن با یکدیگر برابرخواهد بود . بنابراین مربّع وتر AB مساوی است با مربّع وتر AD که حاصل ضرب AZ در وتر DB برآن افزوده شده باشد . ولی نسبت وتر AZ به وتر DB ، همچندِ نسبت نصف قطر مدار AZ یعنی جیب EA متمّم عرض بغداد است ، به نصف قطر مدار DB یعنی جیب EB که متمّم عرض ری است .

وعرض بغداد ، باوجود اینکه میان رصدکنندگان دراین باره اختلاف است ،

از ۳۳° ۲۰′ کمتر و از ۳۳° ۳۰′ بیشتر گفته نشده، وآنچه مورد اعتماد است ۳۳° ۲۵′ است که میانگین آن دو نیز هست . و عرض ری به رصد ابومحمود خُجَنْدی ۳۵° ۳۴′ ۳۹″ است که ابوالفضل هَرَوی در روزگار رکن‌الدّوله نیز همین اندازه را یافت . بنابراین تفاوت عرض AD بغداد و ری می‌شود ۲° ۹′ ۳۹″ ، که وتر آن ۲° ۱۵′ ۴۵″ ومربّع آن وتر ۵ ۷′ ۸″ ۳‴ ۴۵^{IV} است . و وتر بعد AB برابر است با ۷° ۱۹′ ۵۴″ و مربّع آن ۵۳ ۴۶′ ۱۲″ ۰‴ ۳۶^{IV}، و تفاضل میان دو مربّع
۲۶۳ ۴۸ ۳۸′ ۳″ ۵۶″ ۵۱‴ ^{IV} ، و چون این تفاضل را در جیب تمام عرض ری که ۴۸° ۴۷′ ۵۹″ است ضرب کنیم وحاصل آن را که ۲۳۷۳ ۲۰′ ۴۸″ ۰‴ ۱۲^{IV} ۵۱^{V} ۹^{VI} است بر جیب تمام عرض بغداد یعنی ۵۰° ۴′ ۵۲″ قسمت کنیم، ۴۷ ۲۳′ ۲۴″ ۱۲‴ ۸^{IV} به دست می‌آید که جذر آن ۶° ۵۳′ ۲″ است ؛ چون این جذر را در جیب کلّی ضرب کنیم ۴۱۳ ۲′ ۰″ به دست می‌آید ، و از تقسیم کردن آن بر جیب تمام عرض ری ۸° ۲۷′ ۵۰″ نتیجه می‌شود که همان وتر قوس ۸° ۵′ ۲۰″ اختلاف طول دوشهر بغداد و ری خواهد بود .

و امّا آنچه در زیجها به‌کار می‌رود ، پنج درجه است ، که آنچه از سنجیدن بعضی از شهرها با بعضی دیگر حاصل می‌شود ، بر این گواهی نمی‌دهد . وآنچه ما به دست آوردیم نزدیک است به‌آنچه ابوبکر محمّد بن زَکَریّای پزشک در کتاب **مقالة فی الهیئة** آورده وگفته است که خود در بغداد و برادرش در ری دو کسوف را
۲۶۴ رصد کرده و از این دو رصد اختلاف طول میان دو شهر را ده درجه یافته بوده‌اند . و وی ، با وجود دانش و امانتش ، ممکن است به شرایط گوناگونی که لازمهٔ رصد از افق است ، توجّه نکرده باشد ، وچگونگی رصد خود را نیز یاد نکرده‌است تا از آن آرامش تمام حاصل شود .

واگر طول بغداد را از کنارهٔ دریای مغرب ۷۰° بگیریم، طول ری ۷۸° ۵′ ۲۰″ می‌شود ، واگر طول بغداد را از جزایر خالِدات ۸۰ بگیریم ، طول ری ۸۸° ۵′ ۲۰″

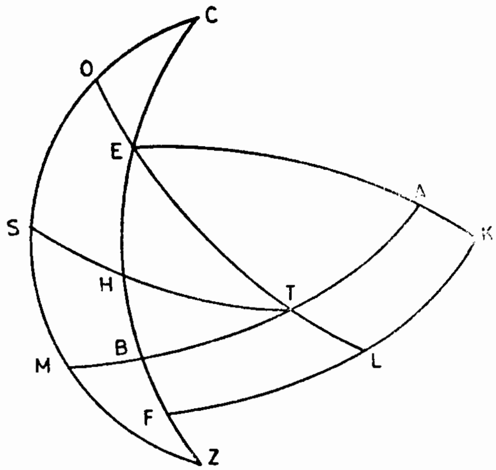
خواهد شد . ولی آنچه دراین‌باب مقصود ما است اختلاف طول است نه اندازهٔ خود طول ازآغاز آبادانی ، و به همین جهت عوض شدن مبدأ طول برای ما زیانی ندارد، و گواه درستی این عمل رصدی است که ما درخوارزم کردیم .

یافتن اختلاف طول جرجانیّه و ری

عرض جرجانیّه‌را درسال چهارصدوهفت هجری رصدکردم وآن‌را ٤٢° ١٧′ یافتم، پس تفاوت عرض آن با ری ٦° ٤٢′ ٢١″ می‌شود که وترآن ٧° ١′ ٥″ و مربّع آن ٤٩ ١٥′ ١١″ ١٠‴ ٢٥^{IV} است . و مسافت میان آن دو ١٨٥ فرسخ است که به علّت پیچهای فراوان راه در بیابانها وانحراف آن درکوهها و دره‌ها چنان است که دست کم باید ، مانند میان بغداد و ری ، یک ششم ازآن کاست ؛ وچون چنین کنیم ، ٢٦٥
باقیمانده به میل تقریباً ٤٦٣ و به درجه ٨° ١٠′ ١٤″ می‌شودکه وترآن ٨° ٣٣′ ١٦″ و مربّع آن ٧٣ ١٠′ ٤٢″ ٤٠‴ ١٦^{IV} است.تفاوت‌دومربع ٢٣ ٥٥′ ٣١″ ٢٩‴ ٥١^{IV} است که چون آن را درجیب تمام عرض جرجانیّه یعنی ٤٤° ٢٣′ ٢٢″ ضرب کنیم ، ١٠٦٢ ٢′ ٩″ ١٩‴ ٢٣^{IV} ٢٩^{V} ٤٢^{VI} به‌دست‌می‌آید؛ این‌حاصل‌را برجیب‌تمام‌عرض ری قسمت می‌کنیم واز خارج قسمت ٢١ ٤٥′ ٤٧″ ٢١‴ ٣٠^{IV} جذر می‌گیریم، واین جذر راکه ٤° ٣٩′ ٥٤″ است درجیب کلّی ضرب می‌کنیم که می‌شود ٢٧٩ ٥٤′ ٠″ که چون آن را برعرض جرجانیّه قسمت‌کنیم ، ٦° ١٨′ ٢٠″ به دست می‌آید ، وآن وتری است‌که قوس آن ٦° ١′ ٢٦″ اختلاف طول میان ری وجرجانیّه است .

یافتن طول و عرض جرجان از روی طول و عرضهای ری و جرجانیّه

فرض‌کنیم [شکل ٦٢] A محلّ جرجانیّه، B محلّ ری ، و T محلّ جرجان‌باشد



[شکل ٦٢]

که بر سر راه آن دو به یکدیگر قرار گرفته است. پیشتر گفتیم که دوری AB برابراست با ″١٤ ′١٠ °٨ ، و دوری BT جرجان از ری هفتاد فرسخ است؛ چه مسافت میان

٢٦٦ جرجان و ری از راه قومَس [ناحیهٔ دامغان] هشتاد فرسخ است، و از راه دماوند و ساری طبرستان نیز همین اندازه است و چنان می‌نماید که این دو راه در راستا نزدیک یکدیگراست ، ولی فاصلهٔ از راه آمل ده فرسخ بیشتراست . و دوری آمل و ساری از ری به یک اندازه‌است ، و چنان می‌نماید که ده فرسخ قاعدهٔ مثلّثی متساوی‌السّاقین است . و باآنکه دو راه میان ری و جرجان [یعنی راه قومس و راه ساری] با یکدیگر برابراست ، این را می‌دانیم که راه ساری به خطّ مستقیم نزدیکتر است ، چه بالا رفتن وفرود آمدن درآن بیشتراست ، و بیشتر راه درآن با راستای واحد پیموده می‌شود . و راه راست [میان ری و جرجان] در حقیقت میان دو راه قومس و ساری قرار دارد . راه قومس از دامغان به‌طرف شمال میل می‌کند، و راه ساری ازاین شهر به‌طرف مشرق می‌رود . و راه میان این دو راه ، چنانکه روندگان برآن گفته‌اند ، هفتاد فرسخ‌است که باکم کردن یک ششم آن می‌شود ۱۷۵ میل و به درجات ″۱۸ ′۵ °۳ .

برقطب T و به شعاع ضلع مربّع ، نیمی ار افق جرجان را رسم می‌کنیم ، و HB

را از دو جهت امتداد می‌دهیم تا این نیمهٔ افق را در دو نقطهٔ Z و C قطع کند ؛ سپس
قوسهای TBM و TEO را رسم می‌کنیم ، و THS را قائم بر BE می‌کشیم . نسبت جیب
مسافت AB به جیب AE متمّم عرض جرجانیّه ، همچندِ نسبت جیب زاویهٔ BEA
نمایندهٔ اختلاف طول میان ری وجرجانیّه است به‌جیب زاویهٔ ABE . پس‌چون جیب ۲۶۷
تمام عرض‌جرجانیّه را درجیب اختلاف طول‌آن با ری‌که ۶° ۱۷′ ۴۸″ است ضرب
کنیم ، و حاصل ۲۷۹ ۳۰′ ۱۹″ ۵۵‴ ۳۶^{IV} را بر جیب مسافت میان آنها یعنی
۸° ۳۱′ ۳۸″ قسمت کنیم ، ۳۲° ۴۶′ ۴۱″ که جیب‌زاویهٔ ABE است به‌دست می‌آید.
و نسبت این جیب به جیب زاویهٔ قائمه THB ، همچندِ نسبت جیب HT است به‌جیب
TB . پس چون نتیجهٔ تقسیم را درجیب مسافت میان ری و جرجان یعنی ۳° ۱۳′ ۵۷″
ضرب و حاصل ضرب ۱۰۵ ۵۷′ ۱۸″ ۱۳‴ ۵۷^{IV} را برجیب کلّی تقسیم کنیم ،
۱° ۴۵′ ۵۷″ که جیب TH است به‌دست می‌آید ؛ قوس نظیر این جیب ۱° ۴۱′ ۱۲″
است وقوس متمّم HS آن ۸۸° ۱۸′ ۴۸″ . وجیب‌آن ۵۹° ۵۸′ ۲۶″ . ونسبت‌جیب
BZ به‌جیب BM که متمّم BT است ،همچندِ نسبت جیب ربع ZH است به‌جیب HS .
متمّم BT برابر است با ۸۶° ۵۴′ ۲۲″ که جیب آن ۵۹° ۵۴′ ۴۶″ است ،پس جیب
BM را درجیب کلّی‌ضرب وحاصل ۳۵۹۴ ۴۶′ ۰″ را برجیب HS قسمت‌می‌کنیم ،تا
جیب BZ برابر ۵۹° ۵۶′ ۲۰″ به دست آید که قوس نظیر آن ۸۷° ۲۴′ ۵۷″ است
ومتمّم BH آن ۲° ۳۵′ ۳″ ؛ تفاضل میان BH و متمّم عرض‌ری یعنی ۵۱° ۵۰′ ۱۸″
همان قوس HE است و متمّم این تفاضل یعنی EC می‌شود ۳۸° ۹′ ۴۲″ که جیب آن
۳۷° ۴′ ۲۲″ است . نسبت این جیب به جیب EO ، همچندِ نسبت جیب CH است
به‌جیبHS ؛ پس‌چون‌جیبECرادرجیبHS ضرب‌وحاصل ۲۲۲۳ ۲۳′ ۵۵″ ۹‴ ۳۲^{IV} ۲۶۸
را برجیب کلّی تقسیم کنیم ، خارج قسمت ۳۷° ۳′ ۲۴″ به دست می‌آید که جیب EO
است وقوس نظیرآن یعنی ۳۸° ۸′ ۳۳″ عرض جرجان است ، چه متمّمِ متمّمِ این
عرض یعنی ET است که اندازهٔ آن ۵۱° ۵۱′ ۲۷″ وجیب‌آن ۴۷° ۱۲′ ۱۹″ است.

ونسبت جیب ET به‌جیب HT ، همچندِ نسبت جیب ربع EL است به‌جیب LE . پس چون‌جیب HT را درجیب کلّی ضرب وحاصل ″۰ ′۵۷ °۱۰۵را برجیب‌متمّم عرض جرجان یعنی ET قسمت کنیم ، ″٤۳ ′١٤ °۲ به دست می‌آید که قوس نظیر آن ″٤۱ ′۸ °۲ اختلاف طول میان ری و جرجان خواهد بود . پس طول جرجان می‌شود ″۱ ′٤۱ °۸۰ که نزدیک‌است به‌آنچه ابوعلی سینَوی [یعنی ابن سینا] در رسالهٔ خود برای زرّین‌گیس دختر شمس‌المعالی آورده وآن را ′۲۰ °۷۹ نوشته است . وی دربارهٔ عرض جرجان گفته است که این عرض را با ستارگان ثابت رصدکرده ، و یک بار به این نتیجه رسیده است که از ۳۷ کمتر است و بار دیگر به این نتیجه که ازآن بیشتر است ، و به همین جهت لازم شده است که همان ۳۷ را بپذیرد . و ابوعلی مورد اعتماد نیست ، و دست‌کم در رصدکردن وی مراعات این امر لازم بوده‌است که باسختگیری
وی در اندازه‌گیری دقیق طول ، اندازه‌های ارتفاعهای ستارگان بر وی نابسامان نماند ، ۲٦۹
یا درشناختن آن راهی در پیش‌گیرد که ناگزیر از استناد به رصد پیشینیان نباشد . و گمان می‌کنم‌که اگر دراین باب ایرادی بر وی گرفته شود ، گناه را به‌گردن پیشینیان بیندازد .

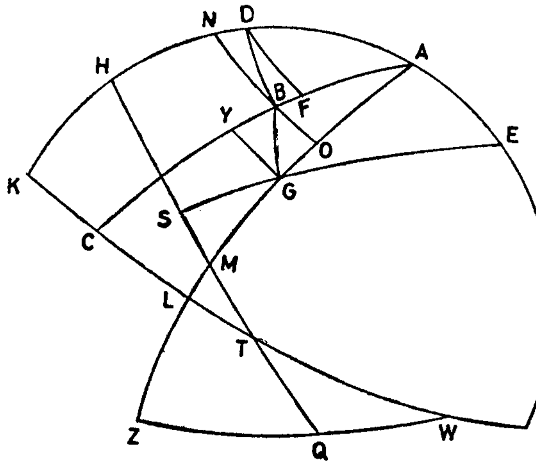
و ابوالفضل هَرَوی که در ریاضیّات هم [بر ابوعلی سینا] مقدّم است و مورد اعتماد است ، گفته‌است‌که عرض جرجان‌را از روی ارتفاع اعتدال ربیعی رصدکرده
و درسال سیصدو هفتادو یک هجری اندازهٔ آن‌را سی‌و هشت و درسال پس‌ازآن سی ۲۷۰
وهفت درجه و دو ثلث درجه یافته است . و این تأییدی است بر اینکه می‌توان برآنچه ما بیرون آورده‌ایم اعتمادکرد . اختلاف در رصدهای دو سال به سبب کوچکی اسباب اندازه‌گیری یا نابسامانی آن بوده است .

آزمایش طولی که برای جرجانیّه بدست آوردیم باطول شهرخوارزم

درسال سیصدوهشتادوپنج هجری میل‌اعظم‌را در روستای بوشکانز از روستاهای کرانهٔ غربی جیحون در مقابل شهر خوارزم رصد کردم و ازآن رو عرض روستا را ٤١° ٣٦′ یافتم که‌اختلاف‌عرض آن‌باجرجانیّه‌می‌شود ٠° ٤١′ ٠″ ووتر آن ٠° ٤٢′ ٥٦″ ومربّع آن ٠ ٣٠′ ٤٣″ ١٦‴ ١٦^{IV} . مسافت میان این‌روستا وجرجانیّه، بافرسنگهای دراز ١٧ و با میل ٥١ و با درجات ٠° ٥٤′ ٠″ است . وتر این مسافت ٠° ٥٦′ ٣٣″ است‌ومربّع‌آن ٠ ٥٣′ ١٧″ ٥٤‴ ٩^{IV}؛ تفاضل دومربّع ٠ ٢٢′ ٣٤″ ٣٧‴ ٥٣^{VI} است که چون آن را در جیب تمام عرض جرجانیّه ضرب کنیم، ١٦ ٤٢′ ١١″ ٢٠‴ ٥^{IV} ١٢^{V} ٢٦^{IV} حاصل می‌شود؛ این‌حاصل‌را برجیب تمام‌عرض ٢٧١
جرجانیّه‌که ٤٤° ٥٢′ ٤″ است‌قسمت‌می‌کنیم‌وازخارج‌قسمت ٠ ٢٢′ ٢٠″ ١١‴ ٢٣^{IV} جذر می‌گیریم که ٠° ٢٦′ ٣٦″ به دست می‌آید . این جذر را در جیب کلّی ضرب و حاصل ٣٦° ٣٦′ ٠″ را بر جیب تمام عرض جرجانیّه قسمت می‌کنیم ؛ خارج قسمت ٠° ٤٩′ ٢٨″ وتری است که قوس آن ٠° ٤٧′ ٥٤″ همان‌اختلاف طول میان روستای بوشکانز و جرجانیّه است .

حال‌فرض‌کنیم A [شکل ٦٣] جرجانیّه و B بوشکانز و G شهر خوارزم‌باشد؛ AB، چنانکه گذشت ، ٠° ٥٤′ ٠″ است، وAG به فرسخ ١٩ و به‌میل ٥٧ و به‌درجات ١° ٠′ ٢١″ است ، و BG به فرسخ ٣ و به میل ٩ و به درجات ٠° ٩′ ٣٢″ . در اینجا وهرچه پس‌از این خواهد آمد ، AB و مانندهای آن‌را بُعد اوّل ، AG را بُعد دوم ، و BG را بُعد سوم می‌نامیم .

TKW از افق جرجانیّه و TH پاره‌ای از معدّل النّهار به قطب E است . چون



[شکل ٦۳]

براین قطب به شعاع EB مدار DB را رسم کنیم ، قوس BD اختلاف طول جرجانیّه و روستا درمدار روستا خواهد بود . سپس برقطب A و بهشعاع AD مقنطرهٔ DF را رسم می‌کنیم ؛ آشکاراست که AD تفاضل عرضهای A و B است ، و DN تفاضل میان‌همین AD و AB ، و OG تفاضل میان AB و AG . درمثال عملی ما ، اندازهٔ OG ۰° ٦′ ۲۱″
است که وتر آن ۰ ۰′ ٤٤″ ۱۳‴ ۲۱^{IV} است ؛ و وتر BG ۰° ۹′ ٥۹″ ومربّع آن ۲۷۲
۰ ۰ ۱′ ۳۹″ ٤۰‴ ۱^{IV} ، و تفاضل میان دو مربّع BG و OG برابر با ۰ ۰′ ٥٥″ ۲٦‴ ٤۰^{IV} . پس چون بنا برآنچه گذشت ، تفاضل را در جیب AB که ۰° ٥٦′ ۳۳″ است ضرب و حاصل ۰ ۰′ ٥۲″ ۱٥‴ ۲۳^{IV} ۰^{V} را بر جیب AG که ۱° ۳′ ۱۲″ است قسمت کنیم ، ۰ ۰′ ٤۹″ ۳٦‴ ۳۷^{IV} به دست می‌آید که جذر آن وتر OB ۰° ۷′ ۲″ است . ونسبت آن به وتر LC ، همچندِ نسبت جیب AB است به جیب ربع AC ؛ پس چون این جذر را در جیب کلّی ضرب وحاصل ۷° ۲′ ۰″ را بر جیب AB قسمت کنیم ، ٦° ٤۰′ ۳٦″ به دست می‌آید که وتر قوس ٦° ۲۲′ ٤٥″ یعنی قوس CL است .

اکنون به وتر BD باز می‌گردیم و اختلاف طول جرجانیّه و روستا را که

۱۴″ ۴۷′ ۰° است درجیب تمام عرض روستا ضرب وحاصل را برجیب کلّی قسمت می‌کنیم ؛ خارج قسمت ۵۱″ ۳۶′ ۰ وتر اختلاف دو طول درمدار B است ، و مربّع آن ۲۱^{IV} ۵۵‴ ۳۷″ ۲۲′ ۰ ؛ و تفاضل میان بُعد اوّل AB و AD ، یعنی اختلاف دوعرض، ۰″ ۱۳′ ۰° است ووترآن ۳۷″ ۱۳′ ۰° ومربّع‌آن ۴۹^{IV} ۲۴‴ ۵″ ۳′ ۰؛ چون‌تفاضل دومربّع‌را که ۳۲^{IV} ۳۰‴ ۳۲″ ۱۹′ ۰ است درجیب اختلاف دوعرض یعنی ۵۶″ ۴۲′ ۰° ضرب و حاصل ۵۲^{VI} ۵۳^{V} ۴۲^{IV} ۵۹‴ ۵۸″ ۱۳′ ۰ را بر جیب
بُعد اوّل یعنی ۳۳″ ۵۶′ ۰° قسمت کنیم ، خارج قسمت ۵۰^{IV} ۱۰‴ ۵۰″ ۱۴′ ۰ ۲۷۳
و جذرآن ۵۰″ ۲۹′ ۰° به دست می‌آید ؛ این جذر را در جیب کلّی ضرب و حاصل ۰″ ۵۰′ ۲۹° را برجیب اختلاف دوعرض قسمت می‌کنیم که حاصل‌آن ۳۶″ ۳۹′ ۴۱° اندازهٔ وتری‌است که اندازهٔ قوس CK آن ۴۲″ ۳۷′ ۴۰° می‌شود . افزودهٔ دوقوس LC و CK برابر است با ۲۷″ ۰′ ۴۷° و جیب آن ۱۲″ ۵۴′ ۴۳° . و متمّم KL یعنی LT می‌شود ۳۳″ ۵۹′ ۴۲° وجیب آن ۴۱″ ۵۴′ ۴۰° . و نسبت جیب TW که با KL برابر است به جیب WQ ، همچندِ نسبت جیب زاویهٔ قائمهٔ Q است به جیب زاویهٔ T ؛ پس چون جیب KL را درجیب تمام عرض جرجانیّه ضرب کنیم، حاصل می‌شود ۲۴^{IV} ۲۸‴ ۴۰″ ۵۰′ ۱٬۹۴۸ ، که‌ازتقسیم‌آن‌برجیب کلّی ، ۵۱″ ۲۸′ ۳۲° وقوس نظیر آن ۳۱″ ۴۶′ ۳۲° به دست می‌آید ؛ چون این قوس را از نود بکاهیم، قوس QZ اندازهٔ زاویهٔ M برابر با ۲۹″ ۱۳′ ۵۷° حاصل می‌شود که جیب آن ۵۳″ ۲۶′ ۵۰° است . چون جیب LT را در جیب تمام عرض جرجانیّه ضرب کنیم ، ۲^{IV} ۴۶‴ ۱″ ۲′ ۱٬۸۱۶ به دست می‌آید و با قسمت کردن آن بر جیب زاویهٔ M حاصل می‌شود ۵۳″ ۵۹′ ۳۵ که قوس متناظر آن یعنی ۳″ ۵۱′ ۳۶° همان قوس LM است ، چه نسبت جیب LT به جیب LM ، همچندِ نسبت جیب زاویهٔ M به جیب زاویهٔ T است . و GL متمّم بُعد دوم AG برابراست با ۳۹″ ۵۹′ ۸۸° ، و تفاضل
میان GL وLM یعنی MG برابراست با ۳۶″ ۸′ ۵۲° که جیب‌آن ۲۲″ ۲۲′ ۴۷° است. ۲۷۴

ونسبت آن به جیب GS که عرض شهر G است ، همچند نسبت جیب زاویهٔ S است به جیب زاویهٔ M . پس چون جیب MG را در جیب زاویهٔ M ضرب و حاصل ۲۶^{IV} ۱۷‴ ۵۲″ ۵۱′ ۳۸۹ ۲‘ را برجیب کلّی قسمت کنیم، ۵۲″ ۴۲′ ۳۹ به‌دست می‌آید که قوس نظیر آن ۴۰″ ۳۵′ ۴۱° عرض شهر خوارزم است .

واین موافق است با آنچه درجوانی خود یافتم که گمان می کنم در سال سیصد و هشتاد هجری یانزدیک آن بود . ارتفاع نیمروزی‌را درهریک از دواعتدال درخوارزم به حساب زیج حَبَش حاسِب باحلقه‌ای که جز نیم درجه را نشان نمی‌داد اندازه گرفتم وآن را ۴۸ ۳۰ یافتم .

۲۷۵ وامّا دربارهٔ طول آن، گفتیم که بُعد دوم بر مشرق جیحون ۲۱″ ۰′ ۱° است و وتر آن ۱۱″ ۳′ ۱° و مربّع آن ۱^{IV} ۸‴ ۳۲″ ۱٦′ ۱ ، و تفاضل عرضهای شهر [خوارزم] و جرجانیّه ۲۰″ ۴۱′ ۰° و وتر آن ۱۷″ ۴۳′ ۰° و مربّع آن ۴۹^{IV} ۲٦‴ ۱۳″ ۳۱′ ۰ ؛ چون تفاضل دومربّع یعنی ۱۲^{IV} ۴۱‴ ۱۸″ ۳۵′ ۰ را در جیب تمام عرض جرجانیّه ضرب و حاصل ۲۴^{VI} ۴۲^{V} ۲٦^{IV} ۱۹‴ ۲۷″ ۷′ ۲٦ را برجیب عرض شهر که ۱۱″ ۵۲′ ۴۴° است قسمت کنیم ، ۳۱^{IV} ۰‴ ۵٦″ ۳۴′ ۰ به دست می‌آید که جذرآن ۰‴ ۴۷″ ۴۵′ ۰ است ؛ از ضرب کردن این جذر درجیب کلّی ۰″ ۴۷′ ۴۵° حاصل می‌شود که چون آن را بر عرض جرجانیّه تقسیم کنیم ۵۳″ ۱′ ۱° به دست می‌آید که وتر قوس ٦″ ۵۹′ ۰° اختلاف طول میان جرجانیّه وشهر [خوارزم] است.

و این موافق است با آنچه به رصد یافتم ؛ با ابوالوَفاء محمّد بن محمّد بوزجانی چنان قرارگذاشته بودم که او دربغداد ومن در خوارزم کسوف ماهی را رصدکنیم ، و این رصد درسال سیصدو هشتادو هفت هجری صورت‌گرفت واز مقایسهٔ میان دو عمل نتیجه چنان شد که اختلاف ساعت میان نصف النّهارهای این دو شهر نزدیک یک ساعت مستوی است . و نیز چند کسوف ماه را رصدکردم و در همهٔ آنها مقداری که

به دست آمد دراطراف همین مقدار بود و به اندازهٔ ناچیزی تفاوت داشت .

٢٧٦ پس چون طول خوارزم را ٨٥° ٠′ بگیریم ، ازاین عمل لازم می‌شود که طول جرجانیّه ٨٤° ٠′ ٥٤″ باشد ، چه درمغرب آن واقع است، وما هم برهمین مقدارعمل می‌کنیم که ازعمل پیشین ما بیرون آمد و رصد هم گواه آن بود ، بدین معنی که طول جرجانیّه ازمقایسهٔ باطول ری وملاحظهٔ مسافت میان آنها ٨٤° ٦′ ٤٦″ می‌شود . واکنون به شهر بلخ می‌پردازیم .

یافتن اختلاف طول جرجانیه و بلخ

عرض بلخ بنابررصد سلیمان بن عصمت سمرقندی دردو سال دویست‌و پنجاه و هشت و دویست وپنجاه نه یزدگردی ٣٦° ٤١′ ٣٦″ است ، پس اختلاف عرض آن باجرجانیّه‌می‌شود ٥° ٣٥′ ٢٤″ که‌وترآن ٥° ٥١′ ٥″ ومربّع‌آن ٣٤ ١٤′ ١٩″ ٣٠‴ ٢٥^{IV} خواهد بود . از طرف دیگر ، مسافت میان دو شهر بر راه هموار ١٥٠ فرسخ است به فرسخ بزرگی که اندازهٔ آن بر فرسخ معتدل فزونی دارد . بنابراین اگر این فرسخهارا فرسخ معتدل بگیریم ، مقدارکاستی که برای آن لازم است حاصل می‌شود . و چون از [قلعهٔ] کالِیف کنار رود [جیحون] تا بلخ جهت حرکت نخستینِ از جرجانیّه تا کنار جیحون انحراف پیدا می‌کند و به خطّ نصف النّهار نردیکتر می‌شود ، پس مسافت

٢٧٧ مستقیم از مسافتی که پیموده می‌شود کمتر است و به همین جهت یک سوم از یک پنجم آن را به‌حدس ذهنی می‌کاهیم و به‌این ترتیب فرسخهای مسافت می‌شود ١٤٠ که برحسب میل ٤٢٠ و برحسب درجه ٧° ٢٤′ ٤٢″ است ؛ وتر آن ٧° ٤٥′ ٢٢″ است و مربّع آن ٦٠ ٩′ ٢٦″ ٨‴ ٤^{IV} ؛ تفاوت میان دو مربّع یعنی ٢٥ ٥٥′ ٦″ ٣٧‴ ٣٩^{IV} را درجیب تمام‌عرض‌جرجانیّه‌ضرب وحاصل ١‘١٥٠ ٣٠′ ٢٩″ ٢١‴ ٢٧^{IV} ٤٥^{V} ١٨^{VI} آن را بر جیب تمام عرض بلخ که ٤٨° ٦′ ٣٨″ است تقسیم می‌کنیم ؛ نتیجهٔ تقسیم

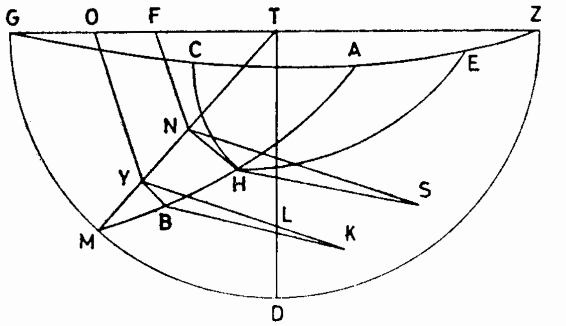
۲۳ ۵۴′ ۴۹″ ۴۹‴ ۳۴^{IV} و جذرآن ۴° ۵۳′ ۲۴″ است ؛ از ضرب کردن این‌جذر درجیب کلّی ۲۹۳° ۲۴′ ۰″ به‌دست می‌آید که چون‌آن‌را برجیب تمام‌عرض جرجانیّه تقسیم کنیم، ۶° ۳۶′ ۳۵″ حاصل می‌شود که وتر قوس ۶° ۱۸′ ۵۴″ یعنی اختلاف طول دو شهراست وبنا برآن طول بلخ ۹۰° ۱۹′ ۴۸″ درمی‌آید .

و چون چیزی که عنوان شالوده پیدا می‌کند و چیزهای دیگر برآن بنا می‌شود ، لازم‌است اعمال دیگری به‌درستی آن گواهی دهد تا ازاین‌گواهی آرامش خاطر بیشتر فراهم آید ، وازآنجا که کاستن قسمتی ازمسافت امر مهمّی‌است وامر کوچکی نیست ، و نتیجه‌ای که به دست می‌آید ، به‌گمان بیشتر نزدیک به واقع‌است نه خود واقع ، برآنم که این عمل را درشهر بخارا امتحان‌کنم ، و به همین جهت نخست طول وعرض دَرْغان
را به دست می‌آورم ، چه درآنجا است که راه به بخارا از جادهٔ مستقیمی که به بلخ ۲۷۸
می‌رود جدا می‌شود .

یافتن طول و عرض دَرْغان از روی طول و عرضهای جرجانیّه و بلخ

نخست باید وتر اختلاف طول میان جرجانیّه و بلخ را بر مدار بلخ به دست آوریم؛ برای‌این‌کار، تفاضل میان مربّعهای دو وتر AB و AD را درشکل پیش [شکل ۶۱] ، که همان حاصل ضرب وتر AZ در وتر BD است ، برجذری که همان وتر AZ است تقسیم می‌کنیم که ۵° ۱۸′ ۱″ یعنی وتر BD به دست می‌آید و قوس‌آن ۵° ۳′ ۴۷″ است . واین قوس که به دست آوردیم همان BD [برروی شکل] نیست که ازمدارهای کوچک است ، بلکه از دایرهٔ عظیمه‌ای است که بر دونقطهٔ B و D می‌گذرد و جیب آن ۵° ۱۷′ ۴۳″ است ، و این جیب عمودی است که از نقطهٔ B برقطری فرود آمده است که از D می‌گذرد .

حال فرض کنیم [شکل ٦٤] GDZ از افق جرجانیّه ، GAZ نیمی از دایرهٔ نصف‌النّهار آن ، ZTG فصل مشترك دو سطح آنها ، TM فصل مشترك میان این افق ودایره‌ای باشد که مسافت میان جرجانیّه و بلخ B بر آن معیّن می‌شود . AB مسافت است که قائم مقام متمّم ارتفاع است و جیب TY آن ٧° ٤٤′ ٢٣″ است ؛ YO جیب اختلاف دوطول برمدار بلخ‌است که پیشتر این اختلاف را برابر با ٥° ١٨′ ١″ یافتیم ؛ ۲۷۹
مربّع TY می شود ٥٩ ٥٤′ ١١″ ٥٢‴ ٤٩IV ، و مربّع YO می شود ٢٨ ٥′ ٣٤″ ٣٦‴ ١IV ؛ تفاضل این دو مربّع ٣١ ٤٨′ ٣٧″ ١٦‴ ٤٨IV و جذر آن ٥° ٣٨′ ٢٤″ همان YL است . و نسبت TY به YL ، همچندِ نسبت TM به جیب



[شکل ٦٤]

قوس MD است؛ پس چون YL را در جیب کلّی TM ضرب وحاصل ٣٣٨ ٢٤′ ٠″ را بر TY قسمت کنیم ، ٤٣° ٤٣′ ٢١″ به دست می‌آید که اندازهٔ قوس MD آن ٤٦° ٤٦′ ٤٢″ ومتمّم GM آن ٤٣° ١٣′ ١٨″ و جیب آن ٤١° ٥′ ٢٢″ است .

ونیز ، نسبت TY به YO ، همچندِ نسبت TM است به جیب قوس GM ؛ پس چون YO را در جیب کلّی TM ضرب وحاصل ٣١٨ ١′ ٣٨″ را بر TY تقسیم کنیم ، ٤١° ٥′ ٢٢″ به دست می‌آید که جیب قوس MG است .

سپس چون فرض کنیم نقطهٔ H محلّ درغان بوده باشد ، مسافت AH به فرسخ دراز ٥٠ و به‌میل ١٥٠ می‌شود . و این راه راست‌است و انحراف قابل توجّه ندارد ،

و بنابراین کافی است فرسخهای دراز آن را کوتاه به‌شمار آوریم که دراین‌صورت برحسب درجه‌می‌شود ″۴۹ ′۳۸ °۲ وجیب‌آن ″۱۵ ′۴۶ °۲ همان TN است. ونسبت TN به FN، همچند نسبت TM است به‌جیب MG؛ پس‌چون‌جیب TN را درجیب MG ضرب‌وحاصل ۳۰^{IV} ‴۱۲ ″۷ ′۵۱ ۳ ۱۱۳ را برجیب کلّی TM تقسیم کنیم، ″۵۱ ′۵۳ °۱ به دست می‌آید که همان NF جیب قوس HC در مدار دَرْغان است. مربّع TN برابر است با
۲۸۰ ۴۵^{IV} ‴۳ ″۳۹ ′۴۰ ۷ ومربّع NF برابر است با ۲۱^{IV} ‴۴۹ ″۱ ′۳۶ ۳ ؛ تفاضل این دو مربّع ۲۴^{IV} ‴۱۴ ″۳۷ ′۴ ۴ است که جذرآن می‌شود ″۹ ′۱ °۲ ؛ این جذرْ TF یعنی جیب AC است وقوس آن ″۴۳ ′۴۶ °۱، وحاصل جمع آن با AE متمّم عرض جرجانیّه یعنی ″۴۳ ′۲۹ °۴۹ عبارت خواهد بود از EC برابر با EH که متمّم عرض دَرْغان است؛ بنابراین عرض درغان ″۱۷ ′۳۰ °۴۰ است. جیب EH یعنی متمّم عرض درغان ″۱۷ ′۳۷ °۴۵ است، ونسبت آن به جیب HC یعنی NF، همچند نسبت جیب کلّی است به‌جیب اختلاف طول جرجانیّه و درغان؛ پس چون NF را درجیب کلّی ضرب‌وحاصل ″۰ ′۵۱ ۳ ۱۱۳ را برجیب EH تقسیم کنیم، ″۴۴ ′۲۹ °۲ به‌دست‌می‌آید که جیب اختلاف دوطول وقوس آن ″۲ ′۲۳ °۲ است؛ بنابراین طول درغان‌می‌شود ″۵۶ ′۲۳ °۸۶.

۲۸۱ وهمین کار را برای آمویّه که گذرگاه از ماوراء النّهر به خراسان وعراق است نیز به‌انجام‌می‌رسانیم، تا ازآن ودرغان و بخارا مثلّثی تشکیل‌شود که این‌شهرها بررؤوس آن واقعند ومسافتها اضلاع آن است.

یافتن طول و عرض آمویه از روی طول و عرضهای بلخ و جرجانیّه

شکل [پیشین] را به‌حال خود وامی‌گذاریم، وتنها نقطهٔ H را درآن تغییر می‌دهیم

و فرض می‌کنیم که H نمایندهٔ آمویه باشد. قوس AH به فرسخ بزرگ ۸٥ و به میل، پس‌از انداختن پنج فرسخ و فرسخهای دراز را فرسخهای کوتاه به شمارآوردن، ۲٤۰ میل، و به درجات ٤° ۱٤′ ۷″ است که جیب‌آن ٤° ۲٥′ ٥۲″ همان TN است. پس چون TN را درجیب GM ضرب وحاصل ۱۸۲ ٤′ ۹″ ٥۷‴ ۲۰^{IV} را برجیب کلّی تقسیم کنیم، ۳° ۲′ ٤″ که NF است به دست می‌آید؛ مربّع NF برابر است با ۹ ۱۲′ ۲۸″ ۱٦‴ ۱٦^{IV}، ومربّع TN برابراست با ۱۹ ۳۸′ ٥″ ٥‴ ٤^{IV}؛ تفاضل دو مربّع ۱۰ ۲٥′ ۳٦″ ٤۸‴ ٤۸^{IV} و جذرآن ۳° ۱۳′ ٤٤″ همان TF است که قوس آن ۳° ٥′ ٦″ همان قوس AC است. پس EH متمّم عرض آمویه که برابر است با حاصل‌جمع $\ddot{A}C$ بامتمّم عرض‌جرجانیّه‌می‌شود ٥۰° ٤۸′ ٦″ که‌جیب‌آن ٤٦° ۲۹′ ٥۲″ است، وبنا بر آن‌عرض آمویه ۳۹° ۱۱′ ٥٤″ است. وچون NF را درجیب کلّی ضرب ۲۸۲
وحاصل ۱۸۲ ٤′ ۰″ را بر جیب EH تقسیم کنیم، ۳° ٥٤′ ٥٦″ حاصل می‌شود که قوس آن ۳° ٤٤′ ۳۰″ اختلاف طول میان جرجانیّه وآمل است. بنابراین طول آمویه ۸۷° ٤٥′ ۲٤″ خواهد بود.

یافتن طول و عرض بخارا از روی طول و عرضهای درغان و آمویه

فاصلهٔ میان درغان وآمویه در راهی راست بیست‌و پنج فرسخ دراز است که با کاستن ده یک آن می‌شود ۲۱ فرسخ یا ٦۳ میل و برحسب درجه ۱° ٦′ ٤۲″ که آن بُعد اوّل است. و میان درغان و بخارا ۲٦ فرسخ‌است وآن را ۲۲ می‌گیریم که می‌شود ٦٦ میل و برحسب درجه ۱° ۹′ ٥۳″ که بُعد دوم است. و میان آمویه و بخارا ۲۰ فرسخ‌است که آن‌را ۱۸ فرسخ می‌گیریم که بامیل ٥٤ و با درجه ۰° ٥۷′ ۱۱″ می‌شود.

این دانسته‌ها را بر شکلی که از روی‌آن عرض خوارزم را به‌دست‌آوردیم تطبیق

می‌کنیم [شکل ٦۳] : تفاضل میـان بُعـد اول و بُعـد دوم ″۱۱ ′۳ °۰ و وتر آن
۲۸۳ ″۲۰ ′۳ °۰ و مربّع آن ^{IV}٤۰ ‴٦ ″۱۱ ′۰ ۰ است ؛ وتر بُعد سوم ″٥۳ ′٥۹ °۰ و
مربّع آن ^{IV}٤۹ ‴۳۰ ″۲٦ ′۱ ۱ وتفاضل دو مربّع ^{IV}۹ ‴۲٤ ″۱٥ ′۱ ۱ است که
چـون آن را درجیب بُعـد دوم یعـنی ″۱۰ ′۱۳ °۱ ضرب و حاصل
^{VI}۳۰ ^{V}٥۸ ^{IV}٥٦ ‴٥٦ ″٤۱ ′۱٤ ۱ را برجیب بعد اول یعنی ″٥۱ ′۹ °۱ تقسیم کنیم،
^{IV}۱٤ ‴٥٥ ″۹ ′٤ ۱ به دست می‌آید که جذر آن ″۳ ′۲ °۱ است ؛ این جذر
را در جیب کلّی ضرب و حاصل ″۰ ′۳ ٦۲ را بر جیب بعد دوم تقسیم می‌کنیم که
″٥۷ ′٥۰ °٥۰ به دست می‌آید که قوس آن ″۲۳ ′۸ °٥۰ است ؛ این را قوس اوّل
می‌نامیم که درآن شکل با LC نمایش داده شده است .

اختلاف طول درغان وآمویه ″۲۸ ′۲۱ °۱ و وترآن ″۱۱ ′۲٥ °۱ است؛چون
آن را درجیب تمام عرض آمویه ضرب و حاصل ^{IV}۳۲ ‴۸ ″٥۰ ′۰ ٦٦ را برجیب
کلّی تقسیم کنیم ، ″۱ ′٦ °۱ به دست می‌آید که مربّع آن ^{IV}۱ ‴۱۲ ″۳۸ ′۱۲ ۱
است . تفاضل عرضهای آمویه و درغان ، یعنی AD ، برابر است با ″۲۳ ′۱۸ °۱ و
تفاضل این تفاضل با بُعد اوّل ″٤۱ ′۱۱ °۰ و وتر آن ″۱۱ ′۱۲ °۰ و مربّع آن
^{IV}۱ ‴۲٦ ″۲۸ ′۲ ۰ است. تفاضل‌دومربّع یعنی ^{IV}۰ ‴٤٦ ″۹ ′۱۰ ۱ را درجیب
تفـاضل عـرضهـای آمـویـه و درغـان یعـنی ″۲ ′۱۲ °۱ ضرب و حـاصل
^{VI}۰ ^{V}۳۲ ^{IV}۱۱ ‴٤۱ ″٥٥ ′۳٥ ۱ را بر جیب بُعـد اوّل تقسیم می‌کنیم کـه
^{IV}۲٤ ‴۲ ″۲٤ ′۲۲ ۱ به دست می‌آید و جذر آن ″۱۹ ′۱۰ °۱ است ؛ این جذر را
درجیب کلّی ضرب وحاصل ″۰ ′۱۹ ۷۰ را برجیب‌تفاضل دوعرض آمویه ودرغان
۲۸٤ تقسیم می‌کنیم که ″٤۹ ′۲٥ °٥۱ حاصل می‌شود وآن وتر قوس ″۲۱ ′٤٥ °٥۰ است ؛
این قوس را که درشکل با KC نمایش داده شده ، قوس دوم نام می‌گذاریم .

مجموع دو قوس [اوّل و دوم] ″٥٤ ′٥۳ °۱۰۰ و باز ماندهٔ آن تا نصف دایره
″٦ ′٦ °۷۹ است که جیب‌آن ″۲ ′٥۰ °٥۹ است که جیب قوس KL است ومتمّم‌آن
یعنی LT برابر می‌شود با ″٥٤ ′٥۳ °۱۰ که جیب‌آن ″۳۹ ′۲٤ °۱۱ است. چون‌جیب

KL را درجیب تمام‌عرض درغان ضرب وحاصل ۳۲^{IV} ۵۴‴ ۲۴″ ۲۹′ ۲‘۷۳۳ را
برجیب کلّی تقسیم کنیم ، ۲۹″ ۳۳′ ۴۵° به دست می‌آید که قوس آن ۱″ ۲۴′ ۴۹° و
متمّم آن ۵۹″ ۳۵′ ۴۰° اندازهٔ زاویهٔ M̄ وجیب آن ۴۶″ ۲′ ۳۹° است . چون جیب
LT را در جیب تمام عرض درغان ضرب وحاصل ۲۴^{IV} ۳۳‴ ۰″ ۳۲′ ۵۱۷ را بر
جیب زاویهٔ M قسمت کنیم ، ۱۹″ ۱۵′ ۱۳° به دست می‌آید که قوس LM آن
۴۷″ ۴۵′ ۱۲° است . متمّم بُعد دوم ۷″ ۵۰′ ۸۸° است وتفاضل میان آن و LM ،
۲۰″ ۴′ ۷۶° و جیب آن ۹″ ۱۴′ ۵۸° ؛ چون این جیب را درجیب زاویهٔ M̄ ضرب
و حاصل ۵۴^{IV} ۸‴ ۵۸″ ۵۲′ ۲‘۲۷۳ را بر جیب کلّی قسمت کنیم، ۵۳″ ۵۳′ ۳۷°
به دست می‌آید که قوس آن ۱۵″ ۱۰′ ۳۹° همان عرض بخارا است که متمّم آن
۴۵″ ۴۹′ ۵۰° وجیب آن ۵۷″ ۳۰′ ۴۶° است؛ تفاضل میان عرضهای بخارا ودرغان
۵۲″ ۲۰′ ۱° و وترآن ۴۹″ ۲۳′ ۱° و مربّع آن ۱^{IV} ۱۴‴ ۵″ ۵۷′ ۱ است ؛ و وتر
بُعد دوم ۱۰″ ۱۳′ ۱° است و مربّع آن ۴۰^{IV} ۲۱‴ ۱۳″ ۲۹′ ۱ . چون تفاوت دو ۲۸۰
مربّع یعنی ۲۱^{IV} ۵۲‴ ۵۱″ ۲۷′ ۰ را در جیب تمام عرض درغان ضرب و حاصل
۳۶^{VI} ۵۴^{V} ۵۱^{IV} ۴۰‴ ۲۲″ ۱۱′ ۲۱ را بر جیب تمام عرض بخارا قسمت کنیم ،
۵۲^{IV} ۴۲‴ ۱۹″ ۲۷′ ۰ به دست می‌آید ؛ چون جذر این مقدار یعنی ۲۹″ ۴۰′ ۰°
را در جیب کلّی ضرب و حاصل ۰″ ۲۹′ ۴۰ را برجیب تمام عرض درغان قسمت
کنیم ، ۱۹″ ۵۳′ ۰° به‌دست‌می‌آید که‌وتر قوسی برابر با ۱۱″ ۵۰′ ۰° است که‌اختلاف
طول درغان و بخارا است ؛ پس طول بخارا می‌شود ۴۷″ ۱۴′ ۸۷° .

و این نتیجه با آنچه درطول بخارا به‌کار می‌رود وآن را ۳۰′ ۸۷° می‌گیرند و با عرض بخارا که آن را ۲۰′ ۳۹° می‌گیرند نزدیک است ، و ما به‌آن اعتماد می‌کنیم ، چه به‌گواهی نیرو یافته است ، واز همین جا به درستی آنچه برای خوارزم و درغان و آمویه بیرون آوردیم یقین پیدا می‌کنیم ؛ سپس برای طول بلخ ازگواهی دیگرگواهی می‌خواهیم .

یافتن مسافت میان بخارا و بلخ از روی طول و عرضهای آن

اختلاف طول آنها، بنا برآنچه ما بیرون آوردیم، ۲° ۴۹′ ۴۸″ و وتر آن ۲° ۵۷′ ۵۵″ است؛ چون آن را در جیب تمام عرض بخارا ضرب و حاصل
۲۸۶ ۱۳۷ ۳۴′ ۲۹″ ۴۴‴ ۰^{IV} را برجیب کلّی تقسیم کنیم، ۲° ۱۷′ ۳۴″ به‌دست‌می‌آید.
نیز وتر میان دو طول را در جیب تمام عرض بلخ ضرب و حاصل ۱۴۲ ۳۷′ ۱۵″ ۵۰‴ ۵۹^{IV} را برجیب کلّی قسمت می‌کنیم که ۲° ۲۲′ ۳۷″ به‌دست می‌آید؛ چون این دو خارج قسمت‌را دریکدیگر ضرب کنیم ۵ ۲۶′ ۵۹″ ۱۷‴ ۵۸^{IV} می‌شود. اختلاف دو عرض ۲° ۳۸′ ۲۴″ است و وتر آن ۲° ۴۵′ ۵۲″ و مربّع آن ۷ ۳۸′ ۳۱″ ۴۵‴ ۴^{IV} که افزودهٔ آن باآنچه به دست آمده بود [یعنی حاصل‌ضرب دو خارج قسمت] می‌شود ۱۳ ۵′ ۳۱″ ۳‴ ۲^{IV} که جذرآن ۳° ۳۶′ ۵۶″ وتر قوس ۳° ۲۷′ ۱۱″ یعنی قوس مسافت میان بخارا و بلخ‌است؛ چون آن‌را در ۵۶ ۴۰′ [یعنی پنجاه و شش میل و دو سوم میل که اندازهٔ قوس یک درجه است] ضرب کنیم، ۱۹۵° ۴۰′ ۲۳″ به دست می‌آید که با تقسیم کردن آن بر سه اندازهٔ فرسخها می‌شود ۶۵ ۱۳′ ۳۸″ فرسخ.

فاصلهٔ بخارا تا گذرگاه جیحون در کالِف ۵۵ فرسخ، و از کالِف تا بلخ ۱۵ فرسخ است که روی هم می‌شود ۷۰ فرسخ، و این اندازه باآنچه ازمحاسبه بیرون آمد بسیار نزدیک است، و بنابرآن لازم است که طول بلخ را که ۹۰° ۲۹′ ۴۸″ درآمده بود درست بدانیم وبه‌آن اعتماد کنیم؛ جز اینکه کسر را از روی احتیاط، هرچند شایستهٔ آن نباشد، جبران می‌کنیم وطول بلخ را ۹۱ می‌گیریم، چه دراندازهٔ مسافتها اشتباهات بزرگ رخ می‌کندکه اگر طولها را از روی رصد کردن کسوفها نیز به دست آوریم از چنان اشتباهات برکنار نخواهد بود. و به همین جهت باید بعضی ازآنها را گواه بعضی

دیگر قرار دهیم .

مثلاً نیشابور : گفته‌اند که منصور بن طَلْحَهٔ طاهری عرض آن را با رصد ۲۸۷
'۱۰ °۳۶ یافته است . و ابوالعبّاس بن حَمْدون گفته است که اختلاف طول میان بغداد و نیشابور را از روی چند کسوف '۳۰ °۱۲ یافته است ، که گمان می‌کنم این گفته در کتاب **استدارة السّماء والارض** محمّد بن علی مکّی آمده باشد ، و همهٔ منجّمان آنجا [نیشابور] برهمین اندازه عمل می‌کنند . و در رصدهای پسران موسی بن شاکر آمده است که کسوفی را در سُرَّ مَنْ رَأیٰ و نیشابور رصد کردند واختلاف طول آنها را ده درجه یافتند ، وچون سُرَّ مَنْ رَأیٰ درمغرب بغداد واقع است ، لازم می‌آید که اختلاف طول میان بغداد و نیشابور ازاین [ده درجه] هم کمتر باشد . و نیز از منصور بن طلحه روایت شده‌است که اندازه‌ای که او به‌دست آورده همانند آن است که پیشتر از ابوالعبّاس بن حَمْدون یاد کردیم . وهروقت که شبهه زیاد شود اگر آنچه با رصد به دست آمده ، در کتابی از منصور یا شخص دیگری مدوّن و باقی مانده باشد ، اعتماد کردن برآن شایسته‌تر است تا حکایتهایی که پریشانی فراوان به‌آنها راه می‌یابد . و از شرایط رصد نیز آن است که شخص رصدکننده درعملش مورد اعتماد باشد و بدانیم که درست به‌کاری که می‌کند راه می‌برد ، وچنان نباشد که بدون آنکه خود به رصدی پرداخته باشد آن را [همچون رصدی که خود انجام داده‌است] روایت کند ، که این از بزرگترین تهمتها است ، واز آن جمله [یعنی چیزهای سبب جلب اعتماد] است گواهی مسافتهای میان یک شهر و ۲۸۸
وشهرهای دیگری که در اطراف آن است .

و ممکن‌است که منصور بن طلحه ، که به‌علم نجوم علاقه فراوان‌داشت و به تقویم ستارگان نیازمند بود ، این اندازه را ، تاآنجا که درامکان داشته‌است ، ازطریق نظری تصحیح کرده باشد نه اینکه خود رصدی کرده باشد . و دربارهٔ نیشابور ، ازکس دیگری جز او که قابل اعتماد باشد چیزی به من نرسیده است . و منصور—با فراوانی فضایلش—درطبیعیّات و احکام نجوم بیش‌از ریاضیات دست داشته است ، و با وجود

آنکه مورد اعتماد است ، چندان درعلم هیئت نیرومند نیست که بتوان ازاو تقلیدکرد .

واما مسافتها براین گواهی نمی‌دهد ، بویژه آنکه به حکایتْ چیزی پیوسته‌است که اعتماد به آن را از میان می‌برد ؛ چه گفته شده است که اختلاف طول میان مکّه و نیشابور ′۳۰ °۲۰ و میان نیشابور و بلخ °۱۰ است . و بُعد از مکّه، بنا بر بُعد [یاد - شدهٔ از نیشابور] تا بغداد ، چنان است که می‌بایستی اختلاف طول مکّه و بغداد °۸ بوده باشد ، درصورتی که بنا بر ۷۱۲ میل مسافت میان مکّه و بغداد معلوم است که اختلاف کمتر از این است و، بنا بر رصد مأمون باکسوف ماه که از آن در **کتاب الابعاد والاجرام** حَبَش سخن رفته ، این اختلاف ′۰ °۳ است . بنا براین ادّعای نخستین نادرست است .

۲۸۹ و نیز مسافت میان بلخ و نیشابور از راه بَغْشور و مَرو الرّوذ نزدیک هشتاد فرسخ است ، و این مسافت به هرصورت و بر هرمدارکه باشد ، بلکه در هرجا از قسمت آبادان زمین حساب شود ، کمتر ازآن است که گفته‌اند ، مگر اینکه به قطب نزدیکتر باشد که درآنجا مسافت یک درجه کمتر می‌شود .

و اگر اختلاف طول میان نیشابور و ری را که مسافت تعدیل‌نشدهٔ میان آنها با یک ششم یا جزآن صدو سی‌و پنج فرسخ است حساب کنیم ، ″۱۳ ′۱۸ °۷ به دست می‌آید ، و به جان خودم سوگند که طول نیشابور بنا براین حساب نزدیک به چیزی است که منجّمان آن ، برفرض آنکه طول ری °۸۵ باشد، به‌کار می‌برند، ولی‌مسافتها ، چنانکه گذشت بااین نتیجه ناسازگار است .

وچون به [اختلاف‌طول] میان نیشابور و بلخ بازگردیم، بنا برفرسخهای تعدیل - شدهٔ با نزدیک یک هشتم میان آنها که هفتاد فرسخ است ، ″۳۲ ′۳۳ °٤ به دست می‌آید ، و ازاین رو طول آن برحسب طول بلخ می‌شود ″۲۸ ′۲٦ °۸٦ . وچون آن را از روی جُرجان استخراج کنیم ، ازآنجا که بلخ وجرجان وجرجانیّه بر رأسهای یک مثلّث واقعند ، ومیان جرجان و نیشابور با فرسخهای تعدیل‌شدهٔ به ده یک ۷۲فرسخ،

و میان جرجانیّه و نیشابور با فرسخهای تعدیل‌شده به شش یک ۱۰۸ فرسخ مسافت است، اختلاف طول میان جرجان ونیشابور برابر با ٤° ۳۱′ ٥٦″ وطول نیشابور برابر ۲۹۰
با ۸٤° ٤٥′ ٥۷″ به دست می‌آید.

وچون از روی جرجانیّه حساب کنیم، با درنظر گرفتن اینکه نیشابور وجرجانیّه و بلخ بر رأسهای یک مثلّث واقعند، اختلاف طول جرجانیّه و نیشابور برابر با ۱° ٥٦′ ٥۸″ وطول نیشابور برابر با ۸٥° ٥۷′ ٥۲″ به دست می‌آید. و درهرحال این مقدار ازآنچه مردم آن به‌کار می‌برند بیشتراست. و نیز دراین‌گونه محاسبه‌ها که پای سه شهر به میان می‌آید، عرض نیشابور بیش‌از چیزی بیرون می‌آید که برای آن یاد کردیم. بنابراین به‌سوی جنوب رو می‌کنیم و برای مقصد خود جهت دیگری درپیش می‌گیریم.

یافتن اختلاف طول بغداد و شیراز

مسافت میان آنها صدو هفتاد فرسخ و بیشتر راه هموار است. به همین جهت با ضرب کردن در نُه و تقسیم کردن بر ده یک دهم از مسافت می‌کاهیم که می‌شود ۱٥۳ فرسخ که به میل ٤٥۹ و به درجه ۸° ٦′ ۰″ است. وتر آن ۸° ۲۸′ ۳۲″ و مربّع آن ۷۱ ٥۰′ ٦″ ۹‴ ٤^{IV}. و عرض شیراز بنا بر یافته ابن صوفی ۲۹° ۳٦′ است که تفاوت آن با عرض بغداد می‌شود ۳° ٤۹′ و وتر آن ۳° ٥۹′ ٤٦″ و مربّع آن ۱٥ ٥۸′ ۸″ ۳‴ ۱٦^{IV}. چون‌تفاضل دو مربّع یعنی ٥٥ ٥۱′ ٥۸″ ٥‴ ٤۸^{IV} را در ۲۹۱
جیب تمام‌عرض بغداد ضرب‌وحاصل ۲،۷۹۷ ٥۰′ ۱۷″ ٤٤‴ ٤٤^{IV} ۱۳^{V} ۳٦^{VI} را برجیب‌تمام‌عرض‌شیراز[1] که ٥۲° ۱۰′ ۱۰″ است‌تقسیم‌کنیم، ٥٥ ٥۱′ ٥۸″ ٥‴ ٤۸^{IV} به دست می‌آید که جذر آن ۷° ٥۷′ ۱٦″ است؛ این جذر را درجیب کلّی ضرب و

۱ - ظاهراً در تقسیم اشتباهی رخ داده و به جای جیب تمام عرض شیراز بر جیب تمام عرض بغداد تقسیم شده‌است.

وحاصل ″۰ ′۲۷ ۴۴۸ را برجیب تمام عرض بغداد تقسیم می‌کنیم که خارج قسمت آن ″۱۶ ′۵۷ °۸ می‌شود و آن وتر قوس ″۳۲ ′۳۳ °۸ اختلاف طول دو شهراست که با آنچه منجّمان به کار می‌دارند، یعنی ′۰ °۹ نزدیک است. پس طول شیراز ″۳۲ ′۳۳ °۷۸ خواهد بود.

یافتن اختلاف طول شیراز و زَرَنج شهرسیستان

امّا عرض زَرَنج را، بنا برگزارشی که به ما رسیده، ابوالحسن احمد بن محمّدبن سلیمان با ربع دایره‌ای به قطر بیست ذراع اندازه گرفت و آن را ′۵۲ °۳۰ یافت، و منجّمان این شهر، به‌سبب آنکه اسبابهای اندازه‌گیریشان از نگاهداری دقیقه‌ها ناتوان است، این عرض را °۳۱ حساب می‌کنند. ومسافت میان شیراز وسیرجان کرمان ۷۸ فرسخ است، و ازآنجا تا سَرِ کویر ۴۷ فرسخ، و از اینجا تا سجستان ۷۰ فرسخ که روی هم رفته می‌شود ۱۹۵ فرسخ. چون همهٔ راه هموار نیست، مسافت را با کاستن
۲۹۲ یک هفتم آن تعدیل می‌کنیم، بدین ترتیب که آن را در شش ضرب و بر هفت قسمت می‌کنیم؛ حاصل آن می‌شود ۱۶۸ فرسخ که به‌میل ۵۰۴ و به درجه ″۳۹ ′۵۳ °۸ می‌شود؛ وتر آن ″۱۶ ′۱۸ °۹ است ومربّع آن ۱۶^{IV} ‴۴۰ ″۲۱ ′۳۴ ۸۶؛ اختلاف عرض شیراز و زرنج ″۰ ′۱۶ °۱ است و وتر آن ″۳۵ ′۱۹ °۱ و مربّع آن ۲۵^{IV} ‴۳۰ ″۳۳ ′۴۵ ۱؛ تفاضل دو مربّع یعنی ۵۱^{IV} ‴۹ ″۴۸ ′۴۸ ۸۴ را در جیب تمام عرض سجستان که ″۶ ′۳۰ °۵۱ است ضرب و حاصل ۶^{VI} ۲۹^{V} ۵^{IV} ‴۲۰ ″۴۹ ′۱ ۴۳۴۸ را بر جیب تمام عرض شیراز تقسیم می‌کنیم؛ خارج قسمت ۴۲^{IV} ‴۵۴ ″۳۹ ′۴۳ ۸۳ و جذر آن ″۱ ′۹ °۹ است؛ و چون این جذر را در جیب کلّی ضرب و حاصل °۵ ′۱ ۵۴۹ را برجیب تمام عرض سجستان تقسیم کنیم، ″۳۷ ′۳۹ °۱۰ به‌دست می‌آید که وتر قوس ″۳۶ ′۱۱ °۱۰ اختلاف طول

دو شهراست؛ بنابراین طول سجستان ٨٨° ٤٥′ ٨″ خواهد بود که برای‌احتیاط کسر را تمام می‌کنیم وطول سجستان را ٨٩° ٠′ می‌گیریم که نزدیک طول بلخ‌است . و به همین جهت‌است که سجستان نسبت به بلخ ، در آن هنگام که جایگاه شاهان کیان وخاستگاه دین مجوسی ایشان بود ، نیمروز خوانده می‌شد .

وچون اختلاف طول میان نیشابور وسجستان را ، بنا بر آنکه مسافت میان آنها از راه قُهِستان ١٢٠ فرسخ‌است حساب کنیم ، ٤° ١٢′ ١٦″ به دست می‌آید که از آنجا طول نیشابور ٨٤° ٤٦′ ٤٤″ می‌شود، واین‌خود سبب تمایل به آن‌است که طول نیشابور ٢٩٣
را ٨٥° ٠′ به شمار آوریم . ما درکاری که در پیش‌است به آن نیازی نداریم ، ولی بحث در آن زیانی ندارد . واینک به بیان آنچه مقصود است می‌پردازیم .

یافتن اختلاف طول بلخ و غزنه

بزرگترین ارتفاع [خورشید] را درآن [یعنی غزنه] ، به سال چهارصد و ده هجری، با ربع دایره‌ای به قطر نه ذراع که محیط آن به دقیقه‌ها تقسیم شده بود، ٨٠° ٠′ یافتم. و درهمین‌سال کمترین ارتفاع‌را ٣٢° ٥٠′ یافتم؛ بنابراین نصف تفاضل میان آنها یعنی ٢٣° ٣٥′ همان میل اعظم‌است . پس عرض غزنه می‌شود ٣٣° ٣٥′ . فزونی عرض بلخ برعرض غزنه ٣° ٦′ ٣٦″ است که وتر آن ٣° ١٥′ ٢٣″ و مربّع این وتر ١٠ ٣٦′ ١٤″ ٣٨‴ ٤٩^{IV} است . چون از مسافت ٨٠ فرسخ میان این دو شهر یک پنجم آن‌را بکاهیم ٦٤ باقی می‌ماند که به‌میل ١٩٢ و به درجه ٣° ٢٣′ ١٨″ می‌شود؛ وتر آن ٣° ٣٢′ ٥٢″ است که مربّع آن ١٢ ٣٥′ ١٢″ ١٣‴ ٤^{IV} می‌شود ؛ چون تفاضل دومربّع یعنی ١ ٥٨′ ٥٧″ ٣٤‴ ١٥^{IV} را درجیب تمام‌عرض‌غزنه که ٤٩° ٥٩′ ٥″ است ضرب وحاصل ٩٩ ٦′ ٩″ ٢٩‴ ٤٣^{IV} ٣٦^{V} ١٥^{VI} را برجیب تمام عرض‌بلخ قسمت کنیم، ٢ ٣′ ٣٥″ ٣٧‴ ٤^{IV} به دست می‌آید که جذر آن ١° ٢٦′ ٤″ است ؛ این‌جذر ٢٩٤

را درجیب کلّی ضرب وحاصل ۸٦° ٤′ ۰″ را برجیب تمام‌عرض غزنه تقسیم می‌کنیم ؛ خارج قسمت ۱° ٤۳′ ۲۱″ وتر قوس ۱° ۳۸′ ٤۲″ اختلاف طول میان غزنه و بلخ خواهد بود . بنابراین طول غزنه ۹۲° ۳۸′ ٤۲″ است که چون کسر آن‌را تمام کنیم ، ۹۳° ۰′ را ، تا زمانی‌که راه معتبرتری برای محاسبه به دست نیاورده‌ایم ، طول غزنه می‌دانیم ؛ چه مسافت میان بلخ و عزنه درست اندازه‌گیری نشده است ، وگردنه‌های بلند برسر راه است ، و از این گردنه‌ها به سوی شمال شاخه‌های جیحون و دره‌های طُخارستان وخراسان ، و به‌سوی جنوب دره‌های رُخَّج وزابلستان وبعضی از رودهای هند برمی‌خیزد .

پس بهتر است که برای دست یافتن به مقصود ، کار خودرا از سجستان آغاز کنیم که میان آنها [یعنی سجستان وغزنه] راه به همواری شبیه‌تر است .

یافتن اختلاف طول بُسْت و سجستان

مردم بُسْت را چنان یافتم که عرض این شهررا ۳۱° ۱۰′ به حساب می‌آورند ، ولی اعمالی که دراین فصل خواهد آمد مؤیّد آن نیست . ومن در غزنه به زیجی دست یافتم که بنا برسالهای دَقَلَطْیانوس تدوین و برپوستی کهنه نوشته شده بود ؛ در پایان آن
یکی از دانشمندان حاشیه‌ها و نکته‌ها وکسوفهای خورشیدی رصدشدهٔ میان سالهای ۲۹۵
نود و صد هجری را ثبت کرده بود ، و به خطّ همین شخص عرض بست درآن ۳۲° ۰′ نوشته بود ، ونیز اینکه ارتفاع ستارهٔ جُدَی با رصد درآن ۳٤° ۱۰′ به دست آمده بوده است . ازاینجا معلوم می‌شود که درضمن یافتن حدّ اقلّ ارتفاع رصدشده که آن مقدار به دست آمده ، میل اعظم بنا بر رأی بطلمیوس به‌کار رفته بوده‌است ، و به‌همین جهت ، عرض با اسقاط یک دقیقه از میل ، به‌آن اندازه که یاد شده به دست آمده بوده است ؛ و ما چون بااین ارتفاع ومیل ۲۳° ۳۵′ که خود یافتیم عمل کردیم وآن دو

را بریکدیگر افزودیم ، متمّم عرض بست ۵۷° ٤۵′ به دست آمد که بنا بر آن عرض بست می‌شود ۳۲° ۱۵′ که برآنچه مردم این شهر به‌آن کار می‌کنند ترجیح دارد و پژوهشهایی که پس‌از این خواهد آمد گواه آن است .

وگویی چنان‌می‌بینم که‌آن‌کس که کینه درجان‌دارد وآزردن‌دیگران‌را برشناخت حق برگزیده است ، دربارهٔ استناد من به زیج کهنه‌ای که بدان اشاره‌کردم ، همان تصوّررا دارد که یکی ازمردم‌نسبت‌به‌حدود بطلمیوس درکتاب **الاربع مقالات** وی‌دارد وگفته است که‌آن‌را درمیان قرآن مندرسی یافته‌است که جزهمین قسمتِ حدود چیزی از آن‌کتاب باقی نمانده بوده‌است . ولی زیجی که ازآن یادکردم هنوز هست ودراختیار علیّ بن محمّد ویشجِردی ملقّب به جاسوسُ الفَلَک است .

اکنون به‌عمل باز می‌گردیم و می‌گوییم: اختلاف عرض بست وسجستان ۱° ۲۳′ ۲۹۶
است که وترآن ۱° ۲٦′ ۵۵″ ومربّع این وتر ۲ ۵′ ۵٤″ ۳۰‴ ۲۵^{IV} است؛ مسافت میان آنها شصت فرسخ‌است که پس‌ازکاستن یک‌ششم پنجاه و به‌میل ۱۵۰ و به‌درجه ۲° ۳۸′ ٤۹″ می‌شود ؛ وتر آن ۲° ٤٦′ ۱۹″ و مربّع این وتر ۷ ٤۱′ ۱″ ۱٤‴ ۱^{IV} است ؛ اختلاف دومربّع یعنی ۵ ۳۵′ ٦″ ٤۳‴ ۳٦^{IV} را درجیب تمام‌عرض‌سجستان ضرب وحاصل ضرب ۲۸۷ ۳۸′ ٤۹″ ۵٦‴ ٤^{IV} ۲۱^{V} ۳٦^{VI} را برجیب تمام عرض بست قسمت می‌کنیم ؛ خارج قسمت ۵ ٤۰′ ۷″ ۵‴ ۵۹^{IV} و جذر آن ۲° ۲۲′ ۵۱″ است ؛ از ضرب کردن این جذر درجیب کلّی ۱٤۲ ۵۱′ ۰″ به‌دست می‌آید که چون آن را برجیب تمام عرض سجستان قسمت کنیم ، ۲° ٤٦′ ۲۵″ حاصل می‌شود که وتر قوس ۲° ۳۷′ ۳۰″ است ؛ بنابراین طول بست ۹۱° ۳۷′ ۳۰″ خواهد بود .

یافتن اختلاف طول بُسْت و غزنه

اختلاف عرض آنها ۱° ۲۰′ است که وترآن ۱° ۲۳′ ٤٦″ است و مربّع این

وتر ١٦^{IV} ٥١‴ ٥٦″ ٥٦′ ١ . و مسافت بین آن دو ٨٠ فرسخ است که با انداختن
یک ششم ٦٦ فرسخ می‌شود ، و به میل ١٩٨ ، و به درجه ٣٩″ ٩′ ٣° که وتر آن
٣٨″ ١٨′ ٣° است و مربّع این وتر ٤^{IV} ١٢‴ ٣٥″ ٥٧′ ١٠ . تفاوت دو مربّع را که
٢٩٧ ٤٨^{IV} ٢٠‴ ٣٨″ ٠′ ٩ است ، در جیب تمام عرض بست ضرب و حاصل
٣٦^{V} ١^{IV} ٥٤‴ ٥٨″ ١٣′ ٤٥٧ را بر جیب تمام عرض غزنه تقسیم می‌کنیم ؛ خارج
قسمت ١١^{IV} ٥٠‴ ٥٠″ ٨′ ٩ است و جذر آن ٢٨″ ١′ ٣° ؛ این جذر را در جیب
کلّی ضرب و حاصل ٠″ ٢٨′ ١٨١ را برجیب تمام عرض بست قسمت می‌کنیم که
٣٤″ ٣٤′ ٣° به دست می‌آید ، و این وتر قوس ٥٦″ ٢٤′ ٣° اختلاف طول دو شهر
است . بنابراین طول غزنه می‌شود ٢٦″ ٢′ ٩٥° . و این‌اندازه باید ازچند راه آزمایش
شود تا مقدار واحدی برای عرض این شهر استقرار پیدا کند .

یافتن اختلاف طول میان غزنه و سجستان

اختلاف دو عرض ٤٣′ ٢° است که وتر آن ٤١″ ٥٠′ ٢° و مربّع این وتر
١^{IV} ٤٨‴ ٣٢″ ٥′ ٨ می‌شود . مسافت میان آن دو ١٢٠ فرسخ است که با انداختن
یک ششم می‌شود ١٠٠ فرسخ ، و به میل ٣٠٠ ، و به درجه ٣٩″ ١٧′ ٥° . وتر آن
٣٢″ ٣٢′ ٥° است و مربّع این‌وتر ٤^{IV} ٢٥‴ ٥٨″ ٤٢′ ٣٠ ؛ تفاوت دو مربّع یعنی
٣^{IV} ٣٧‴ ٢٥″ ٣٧′ ٢٢ را در جیب تمام عرض سجستان ضرب و حاصل
٢٩٨ ١٨^{VI} ١٢^{V} ٣٨^{IV} ٢‴ ٤٥″ ٩′ ١١٦٥ را برجیب تمام عرض غزنه قسمت می‌کنیم ؛
خارج قسمت ٣٢^{IV} ٢٠‴ ٣٧″ ١٨′ ٢٣° است و جذرآن ٤١″ ٤٩′ ٤° ؛ این جذررا
درجیب کلّی ضرب و حاصل ٠″ ٤١′ ٢٨٩ را بر جیب تمام عرض سجستان قسمت
می‌کنیم ؛ خارج قسمت ٢٩″ ٣٧′ ٥° وتر قوس ٢٤″ ٢٢′ ٥° اختلاف دوطول است .
بنابر آن طول غزنه می‌شود ٢٤″ ٢٢′ ٩٤° .

و من این مقدار را می‌پذیرم ، چه به میانگین کمترین طول که برای این شهر در مقایسهٔ با بلخ و بیشترین طول که درمقایسهٔ با بست به دست آوردیم نزدیک است ؛ دلیل دیگر اعتماد من براین مقدار آن است که محاسبهٔ معکوسی که پس‌از این خواهد آمد ، ازگواه بودن برآن دور نیست . و باید دانست که اختلافهایی که میان راههای عمل واحد وعکسهای آن پیدا می‌شود ، به سبب اشتباهاتی است که خبرگزاران درتعیین مسافتها می‌کنند ، ودیگر انحرافاتی که جاده‌ها از خط مستقیم دارند ، و دیگر خطاهایی است که درمحاسبات طولانی ازجهت جیبها و وترها و اصم بودن جذرها حاصل می‌شود.

وچون عرضهای سجستان و بست و غزنه به رصد معلوم است ، بست را دراین میان ازلحاظ طول وعرض مجهول و ازلحاظ مسافت معلوم می‌گیریم ، و برای آزمایش عمل و امتحان محاسبه ، به همان طریق که درجرجان گفتیم ، به یافتن مجهولات می‌پردازیم.

یافتن طول و عرض بست از روی طول و عرضهای غزنه و سجستان ۲۹۹

برای این‌کار ، جیب تمام عرض غزنه را در ۵° ۳۷′ ۷″ که جیب قوس ۵° ۲۲′ ۲٤″ اختلاف طول غزنه و سجستان است ضرب می‌کنیم ؛ حاصل ضرب ۲۸۰ ۵۰′ ٤۰″ ۵۸‴ ۳۵$^{\text{IV}}$ را بر ۵° ۳۲′ ۱۰″ که جیب‌قوس‌مسافت ۵° ۱۷′ ۳۹″ است تقسیم می‌کنیم ، و خارج قسمت ۵۰° ٤۳′ ٤۷″ را در ۲° ٤٦′ ۱۵″ که جیب قوس مسافت ۲° ۳۸′ ٤۹″ میان بست و سجستان است ضرب می‌کنیم که می‌شود ۱٤۰ ۳۳′ ٤۸″ ۵۸‴ ۵۵$^{\text{IV}}$ ، وآن محفوظ اوّل است ؛ این محفوظ اوّل را برجیب کلّی تقسیم می‌کنیم ؛ حاصل آن ۲° ۲۰′ ۳٤″ و قوس آن ۲° ۱٤′ ۱۵″ و متمّم این قوس ۸۷° ٤۵′ ٤۵″ و جیب این متمّم ۵۹° ۵۷′ ۱۵″ محفوظ دوم است .

سپس ۵۹° ۵٦′ ۷″ را که جیب تمام قوس ۸۷° ۲۱′ ۱۱″ یعنی متمّم مسافت

میان بست و سجستان است ، در جیب کلّی ضرب و حاصل ″۰ ′۷ ۳۵۹۶ را برمحفوظ دوم تقسیم می‌کنیم ؛ خارج قسمت می‌شود ″۵۱ ′۵۸ °۵۹ که قوس آن ″۲۵ ′۳۳ °۸۸ و متمّم این قوس ″۳۵ ′۲۶ °۱ است . تفاضل این متمّم با متمّم عرض سجستان ″۲۵ ′۴۱ °۵۷ است و متمّم این تفاضل ″۳۵ ′۱۸ °۳۲ و جیب این متمّم ″۱۱ ′۱۴ °۳۲؛

۳۰۰ این جیب را درمحفوظ دوم ضرب وحاصل ۴۵^{IV} ‴۵۹ ″۲۰ ′۴۲ ۱۹۳۲ را بر جیب کلّی تقسیم می‌کنیم ؛ خارج قسمت ″۴۲ ′۱۲ °۳۲ بیرون می آید که قوس آن ″۱۳ ′۲۸ °۳۲ عرض بست است وچندان از عرض رصد شده دور نیست ؛ متمّم این قوس ″۴۷ ′۳۱ °۵۷ و جیب آن ″۱۳ ′۳۷ °۵۰ است که چون محفوظ اوّل را برآن قسمت کنیم ، خارج قسمت ″۳۷ ′۴۶ °۲ می‌شود ، و قوس ″۱۰ ′۳۹ °۲ متناظر با آن همان اختلاف طول بست و سجستان خواهد بود . بنا براین طول بست می‌شود ″۱۰ ′۳۹ °۹۱ که باآنچه پیشتر از راه سجستانِ تنها به دست آوردیم ، فقط دو دقیقه اختلاف دارد . وما [میانهٔ این دومقدار یعنی] ′۳۸ °۹۱ را طول بست می‌پذیریم واگر خدا خواست و به‌آن نیاز پیدا کردیم برهمین اندازه کار می‌کنیم .

[یافتن جهت قبله]

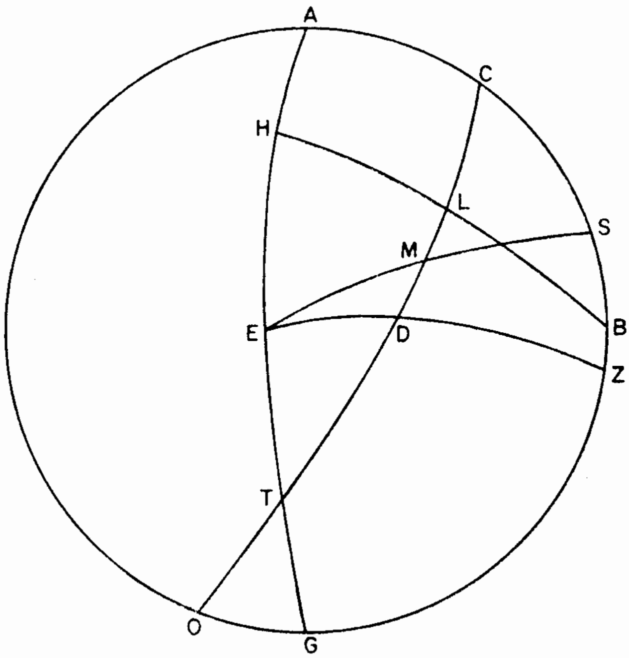
باآنکه اکنون به پایان منظور خود رسیده‌ایم ، بایسته است که ازآن بهره‌ای بیرون آوریم تا برای همهٔ مردمانی که درسرزمینی زندگی می‌کنند که به‌یافتن طول وعرض آن پرداختیم سودمند باشد ، یا خاصّ گروهی از مردم باشد . وآن بهره که به همگان می‌رسد یافتن جهت قبله است ، که پیش‌از ماکسانی که اهل صناعت بوده‌اند به‌صورتی که فهم آن آسان باشد دراین باره سخن گفته‌اند و پیشتر یادی ازآن کردیم . واگر بخواهیم دراین باره گشاده‌تر سخن بگوییم ، باید این مطلب دانسته شود که : چون بخواهیم جهت قبله را بیابیم ، جیب متمّم عرض شهر خودرا درجیب اختلاف طول آن بامکّه ضرب

٣٠١ می‌کنیم ، وسپس حاصل ضرب را بر جیب کلّی تقسیم می‌کنیم که خارج قسمت جیب عمود است ؛ قوس نظیر این جیب را به دست می‌آوریم ، و جیب تمام آن را حساب می‌کنیم ، وآنگاه حاصل ضرب جیب عرض شهر خودمان‌را درجیب کلّی برآن تقسیم می‌کنیم ؛ خارج قسمت جیبی‌است که قوس نظیر آن را می‌یابیم ، و تفاضل میان آن و عرض مکّه را حساب می‌کنیم ، و جیب تمام این تفاضل را در جیب تمام عمود ضرب می‌کنیم ؛ حاصل ضرب را برجیب کلّی تقسیم می‌کنیم ، وقوس جیب به دست‌آمده را می‌یابیم وجیب تمام آن را به دست می‌آوریم ؛ حاصل ضرب جیب تمام عرض مکّه در جیب اختلاف دوطول‌را براین جیب تمام قسمت می‌کنیم . آنچه به دست می‌آید جیب دوری سمت مکّه از خطّ نصف‌النّهار درشهر ماست‌که درنماز به همان اندازه ازخطّ نصف‌النّهار منحرف می‌شویم تا رو به مکّه ایستاده باشیم .

مثلاً در غزنه که طول آن از مغرب ٩٤° ٢٢′ ٢٤″ و عرض آن در شمال ٣٣° ٣٥′ ومتمّم عرض آن ٥٦° ٢٥′ واختلاف‌طول آن بامکّه ٢٦° ٢٢′ ٢٤″ است ، جیب تمام‌عرض‌غزنه یعنی ٤٩° ٥٩′ ٥″ را درجیب اختلاف‌طول یعنی ٢٧° ٣٥′ ١٤″ ضرب می‌کنیم ؛ حاصل ضرب ١٣٧٨ ٥٦′ ٢٢″ ٤٢‴ ١٠^{IV} را بر جیب کلّی تقسیم می‌کنیم که خارج‌قسمت ٢٢° ٥٨′ ٥٦″ آن جیب عموداست وقوس آن ٢٢° ٣١′ ١٩″ ومتمّم آن ٦٧° ١٨′ ٤١″ و جیب تمام این متمّم یعنی ٥٥° ٢٥′ ٢٦″ همان جیب تمام
٣٠٢ عمود است . حاصل ضرب جیب عرض غزنه یعنی ٣٣° ١١′ ٢٠″ در جیب کلّی می‌شود ١٩٩١ ٢٠′ ٠″ که چون آن را برجیب تمام عمود تقسیم‌کنیم ، خارج قسمت ٣٥° ٥٥′ ٤٤″ به دست می‌آید که قوس آن ٣٦° ٤٦′ ٤٨″ است وتفاضل آن باعرض مکّه ١٥° ٦′ ٤٨″ و متمّم این‌تفاضل ٧٤° ٥٣′ ١٢″ وجیب‌این متمّم ٥٧° ٥٥′ ٢٩″؛ چون این جیب را در جیب تمام عمود ضرب و حاصل ٣٢١٠ ٢٤′ ٤٨″ ٧‴ ٣٤^{IV} را برجیب کلّی‌قسمت کنیم ، ٥٣° ٣٠′ ٢٥″ به دست می‌آید که‌قوس آن ٦٣° ٥′ ٥٤″ و متمّم این قوس ٢٦° ٥٤′ ٦″ و جیب این متمّم ٢٧° ٨′ ٥١″ است ؛ چون حاصل

ضرب جیب تمام عرض مکّه را در جیب اختلاف طول که ۱۵۳۸ ۱۷′ ۱۱″ ۲۴‴ ۶^{IV} است بر آن تقسیم کنیم ، ۵۶° ۳۹′ ۵۰″ به دست می‌آید که قوس آن ۷۰° ۴۸′ ۱۵″ اندازهٔ دوری سمت قبله ازنقطهٔ جنوب تمام در دایرهٔ افق غزنه است .

و برهان‌آن چنین است : ABG [شکل ٦٥] افق غزنه‌است باقطب E ، و AEG نصف‌النَهار آن است باقطب غربی B بدان جهت که مکّه درمغرب‌آن واقع است ،



[شکل ٦٥]

و BH ربع معدّل النّهار با قطب T . چون دایرهٔ نصف‌النّهار TL مکّه را رسم کنیم ، HL اختلاف طول [مکّه وغزنه] می‌شود ؛ LM را برابر با عرض مکّه جدا می کنیم که دراین‌صورت نقطهٔ M سمت‌الرّاس مردم مکّه خواهد شد ؛ بر دونقطهٔ E و M دایرهٔ عظیمه‌ای رسم می کنیم که امتداد قبله برروی همان است واگر S محل تقاطع این دایره با

۳۰۳ افق [غزنه] باشد ، همین نقطه سمت قبله است که بُعد آن از نقطهٔ A که جنوب

غزنه است قوس AS و ازمغرب اعتدال قوس SB می‌شود .

دایرهٔ نصف‌النّهار مکّه را امتداد می‌دهیم تا CMO قسمتی از آن باشد که بالای افق ما است ، و بر قطب O و به‌شعاع ضلع مربّع دایرهٔ EDZ را رسم می‌کنیم که بردو دایرهٔ CMO و CSO قائم است . نسبت جیب TE که متمّم عرض غزنه‌است به جیب عمود ED ، همچندِ نسبت جیب ربع [دایرهٔ] TH است به جیب HL ، که ازآن رو عمود ED که مجهول است و نیز متمّم ZD آن معلوم می‌شود . و نسبت جیب OT که متمّم DT است به جیب TG که متمّم ET است ، همچندِ نسبت جیب ربع OD است به جیب DZ متمّم عمود ، که ازاینجا قوس OT معلوم می‌شود . LT و DO هردو ربع دایره‌است، وچون قسمت مشترك میان آنها یعنی DT را حذف کنیم ، TO مساوی LD می‌شود . پس تفاضل میان DL و عرض مکّه ، یعنی MD و نیز متمّم آن MC معلوم است . ونسبت جیب MC به جیب MS که ارتفاع مکّه درشهر [غزنه] نام دارد ، همچندِ نسبت جیب ربع CD است به‌جیب متمّم عمود ZD ، که ازآن MS معلوم‌می‌شود ومتمّم آن ME دوری میان شهر ما ومکّه‌است. ونسبت جیب ME به جیب MT متمّم
عرض مکّه ، همچندِ نسبت جیب زاویهٔ ETM اختلاف طول است به جیب زاویهٔ ۳۰۴
TEM ، که ازآنجا زاویهٔ TEM معلوم می‌شود . ولی جیب این‌زاویه برابراست باجیب متمّم (مکمّل) آن تا دوقائمه یعنی‌زاویهٔ HES که‌اندازهٔ آن همان قوس AS یعنی‌دوری سمت قبله از نقطهٔ جنوب است ؛ واین بود آنچه می‌خواستیم بیان کنیم .

راهی دیگر در این [یافتن جهت قبله]

واگر بخواهیم ، جیب تمام تفاضل عرض شهر خود با عرض مکّه را در جیب کلّی ضرب وحاصل‌را برجیب تمام عرض شهر خود تقسیم می‌کنیم تا قطر به‌دست‌آید.
سپس هریک ازجیب‌مستوی وجیب معکوسِ تفاضل‌میان طول‌شهرخود باطول مکّه‌را ۳۰۵

درجیب تمام عرض مکّه ضرب می‌کنیم ، و هریک از دو حاصل ضرب را جداگانه برجیب کلّی تقسیم می‌کنیم ؛ آنچه از جیب مستوی به دست می‌آید جیب قوسی‌است که‌آن‌را طول مُعَدَّل می‌نامیم ، وآنچه‌را ازجیب معکوس به‌دست‌می‌آید ازقطر می‌کاهیم و باقی مانده را درجیب عرض شهر خود ضرب وحاصل را برجیب کلّی تقسیم می‌کنیم و خارج قسمت را محفوظ می‌داریم .

جیب عرض مکّه را درجیب کلّی ضرب و حاصل را برجیب تمام عرض شهر خود تقسیم می‌کنیم تا عیاری به دست آید که ازآن جهت سمت قبله را می‌یابیم . چه اگر این عیار کمتر از محفوظ باشد ، سمت در جنوب خطّ اعتدال است ؛ و اگر با آن برابر باشد ، سمت برهمین خطّ است ؛ واگر بیشتر ازآن باشد ، سمت در شمال خطّ اعتدال است . و برای یافتن اندازهٔ آن ، تفاضل میان محفوظ وعیاررا درخودش ، ونیز جیب طول معدّل را درخودش ضرب می‌کنیم ، و حاصل ضرب جیب طول معدّل درجیب کلّی را برجذر حاصل جمع این دو [مجذور] تقسیم می‌کنیم که خارج قسمتْ جیب بُعد سمت ازخطّ نصف‌النّهاراست درجهت مکّه‌که عیار درجنوب یاشمال [خطّ اعتدال] مارا به‌آن رهبری‌کرده و درنظرگرفتن اینکه مکّه در مشرق شهر ما واقع است یا در مغرب آن .

مثال آن برای شهر غزنه که طول و عرض آن را اندازه گرفته‌ایم : تفاضل
۳۰۶ متمّمهای عرض مکّه و غزنه ١١° ٥٥′ است که متمّم آن ٧٨° ٥′ و جیب آن ٥٨° ٤٢′ ٢٥″ می‌شود . این جیب را درجیب کلّی ضرب و حاصل ٣٥٢٢ ٢٥′ ٠″ را برجیب تمام‌عرض غزنه تقسیم می‌کنیم که حاصلِ ٧٠° ٢٨′ ١٢″ آن همان قطراست. جیب مستوی اختلاف دوطول ٢٧° ٣٥′ ١٤″ است وجیب معکوس آن ٦° ٤٣′ ٩″ ؛ چون هریک از این دو را در جیب تمام عرض مکّه ضرب‌کنیم ، برای مستوی ١٥٣٨ ١٧′ ١١″ ٢٤‴ ٦^{IV} و برای معکوس ٣٧٤ ٣٩′ ٥٨″ ٤٧‴ ٥١^{IV} به‌دست می‌آید که چون آنهارا برجیب کلّی تقسیم کنیم ، برای مستوی ٢٥° ٣٨′ ١٧″ به‌دست می‌آید

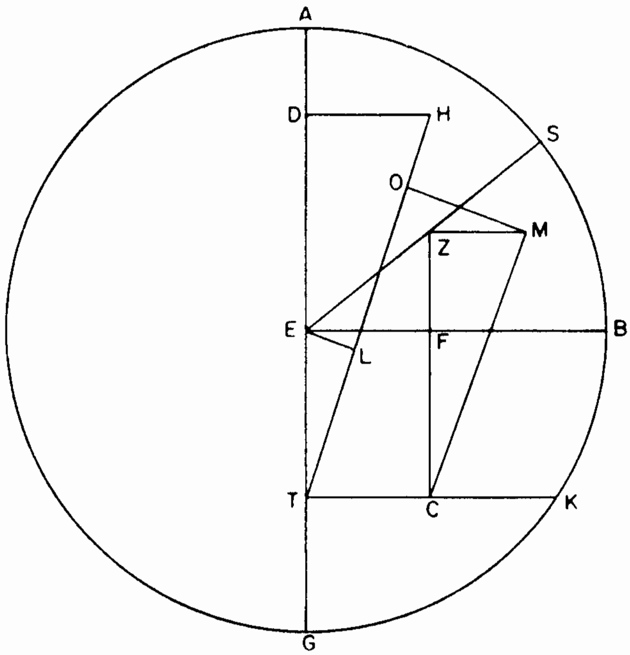
که جیب طول معدّل است ، و برای معکوس ٦° ١٤′ ٤٠″ ؛ چون این آخری را از قطر بکاهیم ، ٦٤° ١٣′ ٣٢″ می‌ماند که آن را در جیب عرض غزنه ضرب و حاصل ضرب ٢١٣١ ٣٤′ ٢٩″ ٢٢‴ ٤٠^{IV} را برجیب کلّی تقسیم می کنیم ، و خارج قسمت ٣٥° ٣١′ ٣٤″ را محفوظ می‌داریم .

سپس جیب عرض مکّه را در جیب کلّی ضرب و حاصل ١٣٢٩ ٨′ ٠″ را برجیب تمام شهر خود تقسیم می کنیم که ٢٦° ٣٥′ ٢٧″ یعنی عیار به‌دست می‌آید وچون این عیار از محفوظ کمتر است ، می گوییم که سمت قبله درغزنه از خطّ اعتدال به طرف جنوب تمایل دارد . سپس عیار را از محفوظ می کاهیم و باقی ماندهٔ ٨° ٥٦′ ٧″ را در خود ضرب می کنیم که می‌شود ٧٩ ٥٠′ ٢١″ ٤‴ ٤٩^{IV} ،ونیز جیب طول معدّل را در ٣٠٧
خودش ضرب می کنیم که می‌شود ٦٥٧ ١٨′ ٣٥″ ٣٦‴ ٤٩^{IV} ؛ حاصل جمع این دو مربّع یعنی ٧٣٧ ٨′ ٥٦″ ٤١‴ ٣٨^{IV} و جذر آن ٢٧° ٩′ ١″ است ؛ حاصل ضرب جیب طول معدّل درجیب کلّی را براین حاصل جمع تقسیم می کنیم که خارج قسمت آن ٥٦° ٣٩′ ٢٩″ است وقوس ٧٠° ٤٧′ ١٣″ آن بُعد سمت قبله درغزنه ازنقطهٔ جنوب به طرف مغرب خواهد بود .

و برهان آن چنین است : دایرهٔ ABG افق غزنه است ، و AEG فصل مشترك میان سطح این دایره با سطح دایرهٔ نصف‌النّهار آن ، و EB فصل مشترك سطح افق با سطح معدّل النّهار ، و TK از فصل مشترك سطح افق با سطح مدار مکّه ، و HT از فصل مشترك میان سطح این مدار باسطح دایرهٔ نصف‌النّهار غزنه .

HD را از سطح کره برسطح ABG عمود می کنیم و بنا برآن HDT مثلّث روز مکّه می‌شود . اگر نقطهٔ Z محلّ فرو افتادن سنگ از مکّه بر افق غزنه باشد ، و EZS را رسم کنیم ، همین خط خطّی‌است که درامتداد آن باید نمازگزارده شود ، و AS بُعد سمت قبله از جنوب خواهد بود . سپس ازنقطهٔ Z عمود ZM را برسطح‌افق برمی‌آوریم ودرنتیجه نقطهٔ M سمت‌الرّأس مکّه درکره می‌شود . ZC را به موازات AG می کشیم و

M را با خطّی به C می‌پیوندیم که دراین‌صورت MZC مثلّث وقت می‌شود. چون MO ۳۰۸
را به موازات BE رسم کنیم ، اندازهٔ آن برابر با FE می‌شود که جیب اختلاف دوطول
در مداراست بنا برآنکه نصف قطر این مدار را جیب کلّی فرض کرده باشیم . و نیز
HO جیب معکوس اختلاف دوطول بنابرهمین فرض‌است . پس اگرآنهارا به‌مقداری
تحویل کنیم که بنا برآن نصف قطر مدارْ جیب تمام میل آن‌است، ازجنس اجزاءِ جیب
در دایره‌های عظیمه خواهند شد :



[شکل ٦٦]

می‌دانیم که HD جیب ارتفاع نصف‌النّهاری مداراست و بنا براین برابر با جیب
تمام اختلاف دوعرض است . ونسبت HD به HT ، همچندِ نسبت جیب زاویهٔ HTD
یعنی متمّم عرض غزنه است به جیب زاویهٔ قائمهٔ HDT ، که ازاینجا قطر (وتر) HT
معلوم می‌شود . و اندازهٔ جیب معکوس تحویل شدهٔ HO دانسته است ، پس باقی آن
[تا HT] که مساوی MC است نیز معلوم است . ونسبت MC به CZ ، همچندِ نسبت

زاویهٔ قائمهٔ MZC است به جیب زاویهٔ CMZ که برابر باعرض غزنه‌است، چه مثلّث MCZ با مثلّث HTD مشابه است، و زاویهٔ MCZ متمّم عرض‌است، پس متمّم این متمّم یعنی CMZ خودِ عرض خواهد بود ؛ بنابراین CZ معلوم می‌شود که آن‌را محفوظ می‌داریم .

چون عمود EL را بر HT فرود آوریم ، اندازهٔ آن برابر با جیب عرض مکّه خواهد بود ، چه بر روی محور [کره] فاصلهٔ میان مرکز کره ومرکز مدار مکّه‌است. ونسبت آن به ET که گشادگی مشرق مداراست، همچندِ نسبت جیب تمام عرض غزنه
۳۰۹ یعنی زاویهٔ T است به جیب کلّی که همان جیب زاویهٔ L است ، و ازاینجا ET یعنی عیار معلوم می‌شود . تفاضل میان عیار ومحفوظ FZ است ، وخط ZE وتر مثلّث قائم‌ـالزّاویه‌ای است که این FZ و خطّ FE برابر با جیب طول معدّل MO دو ضلع آنند و بنابراین ZE معلوم می‌شود . و نسبت آن به FE ، همچندِ نسبت جیب کلّی ES است به جیب قوس AS ، پس AS معلوم است واین همان چیزی است که می‌خواستیم .

راه سومی دراین [یافتن جهت قبله]

۳۱۰ همان‌گونه که گذشت، جیب مستوی ومعکوس اختلاف طول را تحویل می‌کنیم، تا از جیب مستوی جیب طول معدّل به دست آید ، وآنچه ازمعکوس حاصل می‌شود درجیب عرض شهر خود ضرب وحاصل‌را برجیب کلّی تقسیم می‌کنیم ؛ خارج قسمت را برجیب معکوس‌حاصل جمع عرض مکّه بامتمّم عرض شهرخود می‌افزاییم که حاصل آن عیاراست ، که اگر از جیب کلّی کمتر باشد ، سمت قبله در جنوب خطّ اعتدال است ؛ و اگر باآن برابر باشد برخطّ اعتدال است ؛ و اگر بیشتر باشد درشمال خطّ اعتدال است .

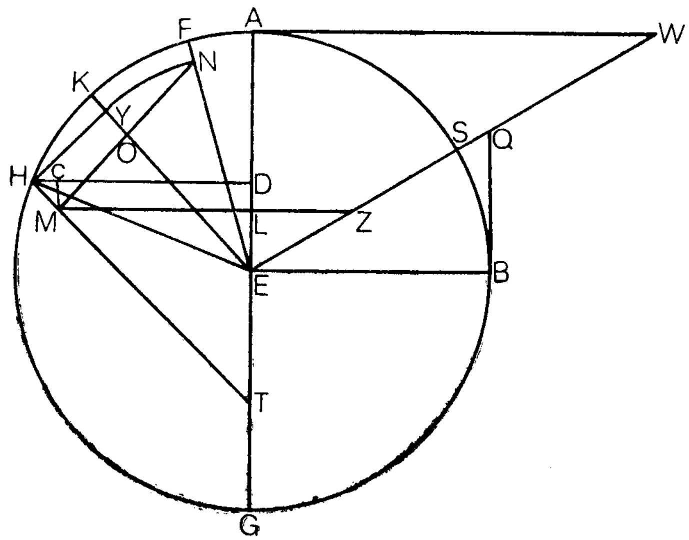
سپس تفاضل عیار با جیب کلّی را در خودش ، ونیز جیب طول معدّل را در

خودش ضرب می‌کنیم ، و حاصل ضرب جیب طول معدّل در جیب کلّی را بر جذر مجموع این دو مربّع تقسیم می‌کنیم ، وآنچه به دست می‌آید جیب بُعد سمت [قبله] از خطّ نصف‌النّهار است .

مثال آن برای شهر غزنه : جیبهای مستوی و معکوس اختلاف طول را تحویل کردیم و اندازه‌هایی به دست آمد که پیشتر آوردیم . سپس آنچه را که از معکوس بیرون آمده بود در جیب عرض غزنه ضرب‌کردیم که ۲۰۷ ′۱٤ ″٤٦ ‴۱۳ ۲۰^{IV} شد ، واز تقسیم آن برجیب کلّی ″۱۵ ′۲۷ °۳ به‌دست‌آمد . حاصل جمع عرض مکّه با متمّم عرض غزنه ′۵ °۷۸ وجیب معکوس آن ″۳۹ ′۳٦ °٤۷ است که چون آن را
۲۱۱ برخارج قسمت پیش افزودیم ″۵٤ ′۳ °۵۱ یعنی عیار معلوم شد . و چون این عیار کوچکتر از جیب کلّی است ، سمت قبله در جنوب خطّ اعتدال است . تفاضل میان عیار و جیب کلّی را که ″٦ ′۵٦ °۸ است در خودش ضرب کردیم که ۷۹ ′۵۰ ″۳ ‴۱۲ ۳٦^{IV} شد ، و برآن حاصل ضرب جیب طول معدّل را در خودش افزودیم واین حاصل جمع برابر با ۷۳۷ ′۸ ″۳۸ ‴٤۹ ۲۵^{IV} و جذرآن ″٤۱ ′۸ °۲۷ به دست‌آمد؛ حاصل‌ضرب جیب طول معدّل درجیب کلّی‌را براین جذر تقسیم کردیم که خارج قسمت ″۱۱ ′٤۰ °۵٦ شد، وقوس آن یعنی ″۱٦ ′٤۹ °۷۰ بُعد سمت قبله ازنقطهٔ جنوبِ تمام به طرف مغرب است .

و برهان آن چنین است : نصف دایرهٔ افق غربی غزنه یعنی ABG [شکل ٦۷] را رسم می‌کنیم ؛ AKG را نیمهٔ دایرهٔ نصف‌النّهارآن می‌گیریم و قوس AK را برابر با متمّم عرض غزنه و KH را برابر با عرض مکّه جدا می‌کنیم وخطّ KE را می‌کشیم و خطّ HT را موازی با این خطّ و HY را عمود بر KE رسم می‌کنیم . آشکاراست که KE فصل مشترك سطح نصف‌النّهار غزنه وسطح‌معدّل‌النّهار و HT فصل‌مشترك سطح نصف‌النّهارغزنه ومدار مکّه و HY جیب عرض‌مکّه و EY جیب‌تمام‌عرض‌آن‌است .
۳۱۲ قوس FK را برابر با اختلاف دوطول جدا می‌کنیم و FE را می‌کشیم و برمرکزE وشعاع

EY قوس YN را رسم می‌کنیم ؛ عمود NO را بر KE فرود می‌آوریم و آن را تا نقطهٔ M بر خطّ TH امتداد می‌دهیم . آشکاراست که قوس YN از دایره‌ای برابر با مدار مکّه است ، چه باشعاعی برابر با جیب تمام عرض آن رسم شده است ؛ این قوس شبیه FK



[شکل ۶۷]

و بنابراین اندازهٔ آن اختلاف دو طول درمداراست ؛ وجیب این قوس درآن جیب طول معدّل است ، و YO جیب معکوس اختلاف دو طول در مدار و بنا بر این تحویل‌شده‌است . HM مساوی با YO و درحقیقت هم‌وضع آن در دایرهٔ نصف النّهار غزنه است .

دوعمود HD و ML را بر AEG فرود می‌آوریم . HD جیب قوس حاصل جمع AK یعنی متمّم عرض غزنه است با KH یعنی عرض مکّه ، پس AD جیب معکوس این مجموع است . چون MC را به موازات AG رسم کنیم ، مثلّث HMC مشابه مثلّث روز HDT می‌شود . نسبت‌جیب‌معکوس تحویل‌شدهٔ HM به MC ، همچند نسبت جیب زاویهٔ قائمهٔ HCM به جیب زاویهٔ HMC یعنی متمّم عرض غزنه است ، و بنا بر آن MC و مساوی‌آن DL معلوم می‌شود . ومجموع DL و AD یعنی AL عیاراست ، چه‌نقطهٔ

L برخطّ موازی با خطّ اعتدالِ گذرندهٔ برمحلّ فروافتادن سنگ مکّه است ؛ پس
۳۱۳ اگر نقطهٔ L میان دو نقطهٔ A و E باشد ، خطّی که از E بر آن می‌گذرد به ربع جنوبی AB پایان می‌پذیرد ، و اگر ازنقطهٔ E به طرف G تجاوز کرد ، این خط در ربع شمالی BG پایان می‌پذیرد .

و معلوم است که فاصلهٔ میان L و محلّ فرو افتادن سنگ مکّه برابر با جیب طول معدّل یعنی NO است . پس چون LZ را بر امتداد ML به [اندازهٔ NO] جدا کنیم—هرچند این دوخط [یعنی ML و LZ] درحقیقت بایکدیگر زاویهٔ قائمه می‌سازند، ولی چون نیمدایرهٔ AKG را برگرد محور AEG چندان بگردانیم تا برنیمهٔ شرقی افق [غزنه] منطبق شود ، ML برخطّ مذکور منطبق می‌شود و LZ در امتداد ML قرار می‌گیرد — و خطّ EZ را بکشیم و تا S امتداد دهیم ، همین خط خطّ قبله خواهد بود. و ZE که وتر مثلّث قائم‌الزّاویهٔ با دوضلع ZL و LE است معلوم است . و نسبت ZE به ZL ، همچندِ نسبت جیب زاویهٔ قائمهٔ ZLE است به جیب زاویهٔ LEZ که اندازهٔ آن همان بُعد سمت قبله ازخطّ نصف‌النّهاراست و بنابراین بُعد سمت معلوم می‌شود، و این همان چیزی است که می‌خواستیم .

واگر بخواهیم ،حاصل ضرب جیب طول معدّل را درجیب کلّی برتفاضل میان عیار و جیب کلّی تقسیم می‌کنیم تا ظلّ معکوس بُعد سمت از خطّ نصف النّهار به دست آید .

۳۱۴ مثال آن درعمل پیش‌که برای غزنه آوردیم : حاصل ضرب جیب طول معدّل درجیب کلّی ″۰ ′۱۷ °۸ ۱۵۳ است که چون آن را برکاستی عیار ازجیب کلّی یعنی ″۵۳ ′۵۸ °۸ قسمت کنیم ، ″۵۰ ′۹ °۱۷۲ به دست می‌آید که ظلّ معکوس سمت‌قبلهٔ غزنه از جنوب است و قوس آن می‌شود ″۹ ′۴۷ °۷۰ .

و برهان آن چنین است : AW را مماسّ بردایرهٔ A رسم می‌کنیم ، و ES را چندان امتداد می‌دهیم تا این خط را در W قطع کند ؛ بنابراین AW ظلّ معکوس [یعنی

ظلّ به اصطلاح جدید] قوس AS است . و نسبت EL کاستیِ‌عیار ازجیب‌کلّی به LZ یعنی جیب طول معدّل ، همچندِ نسبت جیب کلّی EA به ظلّ AW است ، و بنا بر آن ظل معلوم می‌شود .

و اگر بخواهیم از روی ظلّ مستوی [یعنی ظلّ تمام به اصطلاح جدید] حساب کنیم ، کاستی عیار را از جیب کلّی درجیب کلّی ضرب و حاصل را برجیب طول معدّل تقسیم می‌کنیم ، و آنچه به دست می‌آید ظلّ مستوی بُعد سمت از جنوب خواهد بود .

مثال آن درعمل پیش‌که برای غزنه آوردیم : کاستی عیار را در جیب کلّی ضرب کردیم‌که ″۰ ′۶ ۵۳۶ شد و چون آن را بر جیب طول معدّل تقسیم کردیم ، ″۳۷ ′۵٤ °۲۰ به دست آمدکه ظلّ مستوی بُعد سمت از جنوب درغزنه‌است وقوس آن ″۱۱ ′٤۷ °۷۰ .

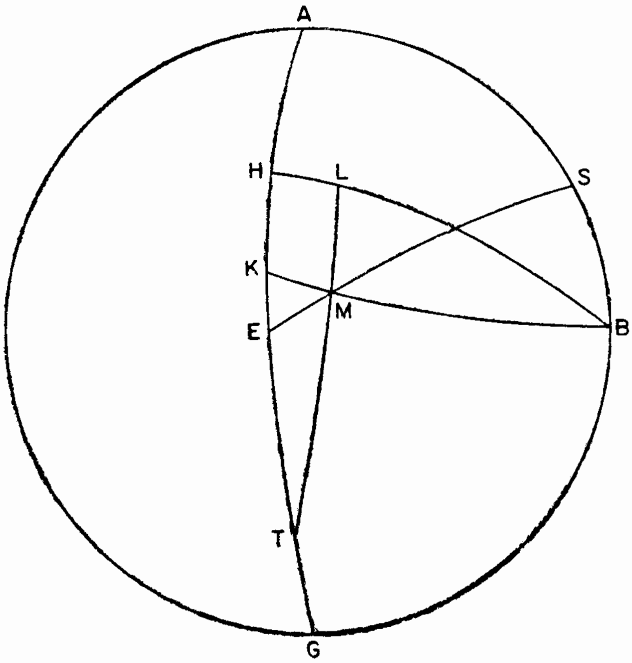
۳۲۵ و برهان آن آشکاراست ، چه اگر ازنقطهٔ B خطّی بر دایره مماس‌کنیم، آنچه ازآن درمیان نقطهٔ B و خط ESW واقع می‌شود ، ظل مستوی قوس AS است ، و این همان خطّ BQ است . نسبت BQ به جیب‌کلّی BE ، همچندِ نسبت LE به ZL است .

و رسم اهل حساب در ظلّ مستوی آن است که این خط را با انگشت اندازه بگیرند نه با اجزاء [یعنی پاره‌های نصف قطر، هریک برابر با یک شصتم آن] ، و نسبت انگشت‌ها به اجزاء نسبت یک پنجم است ، پس چون پنج یک اجزاءِ ظل‌را با ضرب کردن آن در دوازده دقیقه [یعنی دوازده شصتم] حساب کنیم ، درمثالی که گذشت [شمارهٔ انگشتان] ″۵۵ ′۱۰ °٤ خواهد شد .

۳۱۶ وازآنچه‌گفتیم راه عملی بیرون‌آوردن سمت قبله معلوم شد : یعنی اگر AEG خط نصف‌النّهار در دایره‌ای موازی با سطح افق باشد ، قوس AK را مساوی متمّم‌عرض شهر خود و KH را مساوی عرض مکّه و KF را مساوی اختلاف طولهای دوشهر جدا می‌کنیم ؛ سپس خط‌های FE و KE را می‌کشیم ،و HT را موازی با KE و HY را عمود

بر KE رسم می‌کنیم ، آنگاه به مرکز E وشعاع EY قوس YN را می‌کشیم وعمود NO را بر KE فرود می‌آوریم وآن را تانقطهٔ M امتداد می‌دهیم ؛ سپس MLZ را بر AG عمود می‌کنیم و LZ را برابر با NO قرار می‌دهیم. چون EZ را تا S [برمحیط دایرهٔ افق] امتداد دهیم ، این خط خطّ نماز خواهد بود .

حال به شکل اوّل باز می‌گردیم که مخصوص یافتن سمت قبله از راه مستعمل در زیجها است . چون درآن قوس دایرهٔ عظیمهٔ BMK را رسم کنیم [شکل ٦٨] ، نسبت



[شکل ٦٨]

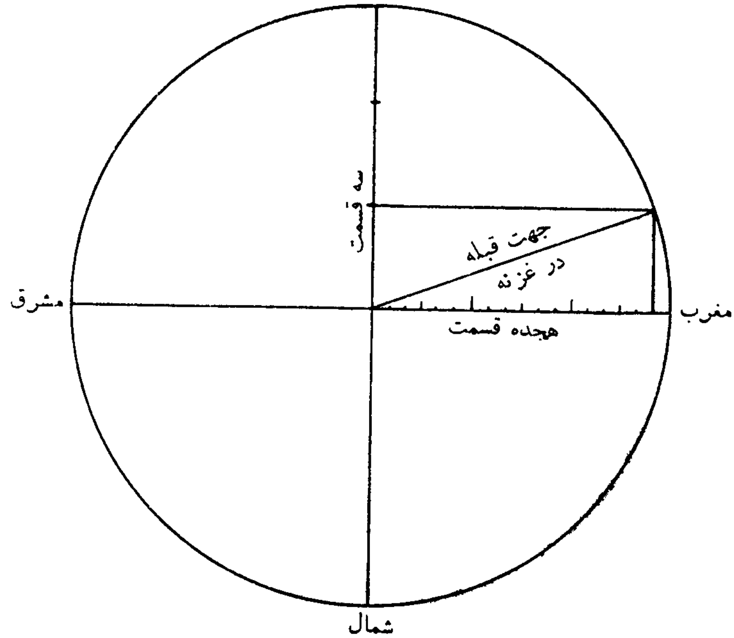
جیب TM که متمّم عرض مکّه است به جیب MK ، همچندِ نسبت جیب ربع TL است به‌جیب اختلاف‌طول LH ؛ پس قوس MK که طول معدّل‌است معلوم می‌شود. و نسبت جیب BM یعنی متمّم طول معدّل به جیب عرض مکّه یعنی ML ، همچندِ نسبت جیب ربع BK است به جیب KH که عرض معدّل نام دارد ؛ پس‌عرض‌معدّل ۳۱۷
نیز معلوم می‌شود . KE که تفاضل‌میان‌عرض‌معدّل‌وعرض‌شهر[مورد نظر] HE است،

ونیز متمّم آن KA معلوم است . ونسبت جیب BM که متمّم طول معدّل‌است به‌جیب MS که ارتفاع مکّه است ، همچندِ نسبت جیب ربع BK است به جیب متمّم تفاضل [عرض معدّل وعرض شهر] KA ، وازاینجا MS به دست می‌آید . ME متمّم این MS معلوم مسافت میان شهر ومکّه است ، و نسبت جیب آن به جیب طول معدّل MK ، همچندِ نسبت جیب ربع ES است به‌جیب SA که بُعد سمت قبله از نصف‌النّهاراست.

به مثال باز می‌گردیم : درآنجا ، چنانکه یاد شد ، جیب طول معدّل برابر با ۲۵° ۳۸′ ۱۷″ و قوس آن ۲۵° ۱۷′ ۴۷″ و متمّم آن ۶۴° ۴۲′ ۱۳″ و جیب این
متمّم ۵۴° ۱۴′ ۴۸″ به دست آمد . جیب عرض مکّه را در جیب کلّی ضرب کردیم ۳۱۸
که ۱۳۲۹ ۸′ ۰″ شد ، و از تقسیم این حاصل ضرب بر جیب تمام طول معدّل ۲۴° ۳۰′ ۶″ وقوس آن ۲۴° ۶′ ۷″ به‌دست آمدکه عرض معدّل‌است . تفاضل میان عرض معدّل وعرض غزنه ۹° ۲۸′ ۵۳″ و متمّم آن ۸۰° ۳۱′ ۷″ است که جیب آن یعنی ۵۹° ۱۰′ ۴۹″ را در جیب تمام طول معدّل ضرب کردیم و حاصل آن ۳۲۱۰ ۱۹′ ۵۸″ ۵‴ ۱۲^{IV} شد ؛ این حاصل ضرب را بر جیب کلّی تقسیم کردیم وخارج قسمت ۵۳° ۳۰′ ۱۹″ وقوس‌آن ۶۳° ۵′ ۴۰″ شدکه‌متمّم آن‌یعنی ۲۶° ۵۴′ ۲۰″ مسافت مستقیم میان غزنه و مکّه است که به میل ۱۵۲۴ میل ۳۸′ ۵۳″ و به فرسخ ۵۰۸ فرسخ ۱۲′ ۵۸″ است . حاصل ضرب جیب طول معدّل در جیب کلّی‌را بر جیب مسافت یعنی ۲۷° ۹′ ۴″ تقسیم کردیم که خارج قسمت ۵۶° ۳۹′ ۲۳″ به دست آمد و قوس آن یعنی ۷۰° ۴۶′ ۵۶″ بُعد سمت قبله از خطّ نصف‌النّهار است .

واین راهها که گفتیم ، برای کسی که بخواهد راههای عالمانه را فهم کند بسنده است . و چون بنّایان و سازندگان نمی‌توانند به‌آن راه‌برند ، آنچه مناسب ایشان‌است آن‌است که برسطح افقیِ هموار دایره‌ای رسم کنند که قطرآن خطّ نصف‌النّهار باشد، و نصف قطری را که از مرکز به جنوب است به سه پاره٭ برابر تقسیم کنند، و برای شهر
غزنه از پایان نخستین قسمت نصف قطر از مرکز خطّی براین قطرعمود کنند تا به محیط ۳۱۹

دایره برسد و از محلّ تقاطع عمود با محیط خطّی به مرکز دایره بکشند که همان خطّ نماز است و پایهٔ دیوار محراب باید بر آن عمود ساخته شود . و دقیقتر از این چنان است که نصف قطر واصل میان مرکز و مغرب را به هجده پاره تقسیم کنند و از نخستین پاره از مغرب خطّی براین قطر به طرف جنوب عمود کنند ومحلّ تقاطع آن‌را به‌دست آورند وباقی عمل را چنانکه ذکر شد تمام کنند . وشکل آن چنین است [شکل ٦٩] .

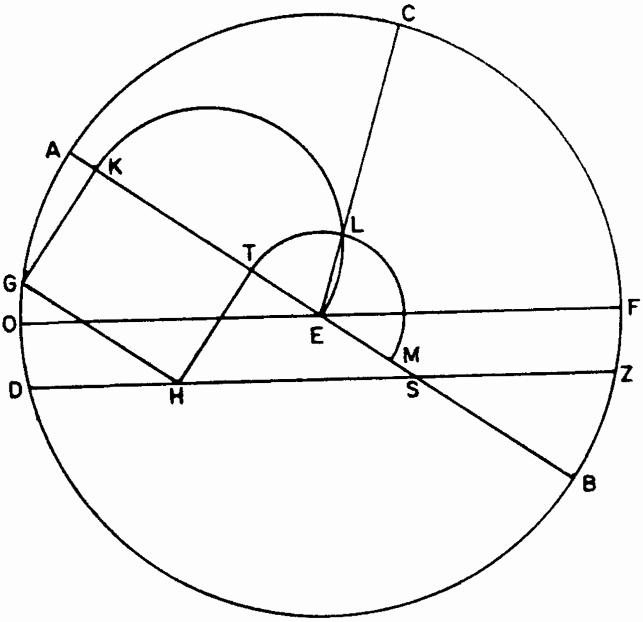


[شکل ٦٩]

پس اگر به یافتن خطّ نصف‌النّهار نیازمند باشند ، راه به دست آوردن آن از طریق دایرهٔ هندی برایشان معلوم است ، و اگر بخواهند با اندازه‌گیری یک وقت ۳۲۰
به جای دو وقت آن را پیدا کنند ، راه‌کار چنین است :

فرض کنیم [شکل ۷۰] AGB دایره‌ای برسطح افق به مرکز E باشد که شاخصی دراین مرکز عمود برزمین نصب شده است ؛ سایهٔ این شاخص را هروقت از روز که

بخواهیم اندازه می‌گیریم و فرض می‌کنیم برقطر AEB افتاده باشد ، که درآن A جهت خورشید و B جهت کنار سایه باشد . فرض‌کنیم AG ارتفاع خورشید دراین هنگام و AO متمّم عرض شهر باشد . قطر OEF را می‌کشیم و دوقوس برابر OD و FZ را برابر



[شکل ۷۰]

با میل خورشید ، اگر این میل شمالی باشد درسوی B واگر جنوبی باشد در سوی A ، جدا می‌کنیم و DZ را وصل می‌کنیم و GH را به موازات AB می‌کشیم ؛ سپس دو عمود HT و GK را بر AB فرود می‌آوریم و به مرکز E و شعاع ET نیمدایرهٔ TLM ، وبرقطر KE نیمدایرهٔ KLE را—هردو درجهتی که خطّ نصف‌النّهار نسبت به AB واقع است—رسم می‌کنیم ؛ این دو دایره یکدیگر را در نقطهٔ L قطع می‌کنند و چون خطّ ELC را رسم کنیم همان خطّ نصف‌النّهار خواهد بود .

وتصوّر برهان این‌عمل، با درنظرگرفتن آنچه دربارهٔ مثلّثهای روز و وقت گفتیم ۱۰
۳۲۱
آسان است : اگر نیمدایرهٔ AGB نیمی از دایرهٔ نصف‌النّهار فرض شود، OE فصل مشترك میان سطح آن وسطح معدّل‌النّهار ،و DZ فصل مشترك میان سطح آن و سطح

مدار خورشید می‌شود، و بنا بر آن DS قطر (وتر) مثلّث روز در این مدار خواهد بود ؛
۲۲۲ زاویهٔ S به اندازهٔ متمّم عرض شهر و ES جیب گشادگی مشرق است ، و اگر هم در حقیقتِ اوضاع آنها نبوده باشد ، اندازه‌های آنها در غیر جاهای خود به دست آمده است . وچون AG برابر با ارتفاع خورشید در هنگام عمل گرفته شده ، هریک از دو خطّ GK و HT جیب آن و KE جیب تمام این ارتفاع و بر وضع آن خواهد بود . و مثلّث HTS برابر با مثلّث وقت درغیر وضع آن است ، پس TE که حصّهٔ سمت نام دارد و وضع آن درمثلّث وقت موازی باخطّ نصف‌النّهار ومتّصل به‌جیب تمام‌ارتفاع وقت برنقطهٔ K است ، وجیب تمام ارتفاع وقت وتر مثلّث قائم‌الزّاویه‌ای است که TE و جیب بُعد از نصف‌النّهار در مدار دوضلع آن‌است . پس چون بر K خطّی مساوی TE و بر E خطّی مساوی باجیب بُعد ازنصف‌النّهار قائم شود ، واین دوخط درجهت G که درآن مشرق پیش از نصف‌النّهار یا مغرب پس‌از آن است تلاقی کنند ، برنهاد خود حاصل شده‌اند . ولی EL مساوی ET است ، پس TK مساوی بُعد مذکور از نصف‌النّهار خواهد بود؛ و EL موازی‌است بامانند خودکه از K درسوی دیگرخارج شده باشد ، پس‌از نصف‌النّهاراست و بنا برآن ELC خطّ نصف‌النّهار خواهد بود ، واین همان چیزی است که می‌خواستیم بیان کنیم .

۲۲۳ واین بهره ، ازآنچه دربارهٔ تصحیح طول وعرضهای شهرها آوردیم ، بهره‌ای است که سود آن به همهٔ مسلمانان در یافتن قبله و برپا داشتن نماز بدان‌صورت که بایسته است و از راهی که باید ، می‌رسد ، و اختصاص به شهر غزنه دارد که منظور ما هم تصحیح قبلهٔ آن بود؛ ونیز فایدهٔ آن ازمسلمانان تجاوز می کند و به‌اهل ذمّه و جز ایشان می‌رسد . بیت‌المقدس برای جهودان همان مقام را دارد که رو به‌کعبه ایستادن برای ما دارد ، پس چون طول وعرض آن تصحیح شود ، قبلهٔ کنشتهای جهودان نیز درست می‌شود . و برای ترسایان خطّ اعتدال برای آنکه رو به مشرق بایستند ، جانشین سمت قبله درپیش ما است ، و درنزد حرّانیان که به صابِئان معروفند ، خطّ نصف‌النّهار

چنین است . بنابراین به فایده‌ای آگاه شدیم که بیشترین مردمان در دینهای خود ازآن برخوردار می‌شوند و درعبادتهایی که ارزش بزرگ و ثواب و پاداش فراوان دارد ازآن بهره‌مندی حاصل می‌کنند ، وگمان ندارم که درسایر عبادتها هم از فایده‌ای خالی باشد .

چه آن‌کس که درطول و عرض شهر خود به تحقیق بپردازد ، درست از هنگام زوال (نیمروز) و زمانهای [نماز] عصر ومغرب وطلوع سپیده آگاه می‌شود که از نماز گذشته در روزه نیز به‌آنها نیاز داریم ، وهمچنین بررؤیت هلال ماه آگاهی حاصل می‌کند ، هرچندکه در شرع بنا بر دیدن است نه بر محاسبه ، چه پیغمبر صلّی‌الله علیه گفت : «ما مردمی هستیم که نمی‌نویسیم و حساب نمی‌کنیم ؛ ماه این واین واین است» و درهرسه بار با ده انگشت خود اشاره کرد وآنگاه گفت : «این واین واین» ، ودر بار سوم انگشت ابهام خودرا پنهان‌کرد [یعنی یک‌ماه سی روز ویک ماه بیست‌و نه‌روز]. ۳۲۴

پس چون بهره‌مندی ازکار دین به‌کار دنیا تجاوز کند ، آنچه در یافتن جهت جاها یادکردیم برای رسیدن به‌نفع و دوری جستن از زیان سودمنداست . ودیگراینکه اصحاب صناعت تنجیم برای تقویم ستارگان و تصحیح مراکز اوتاد و جزآن برای یافتن اوقاتی که اصحاب احکام نجوم ازموالید و تحویلها و اجتماعها و استقبالها وتربیعها و نیمه‌تربیعها وغیرآن به‌آنها نیاز دارند مفیداست . چه صناعت احکام ، باآنکه ریشه‌هایش سست وشاخه‌هایش ناتوان ومقیاسهایش پریشان‌است ودرآن گمان بریقین می‌چربد، اگر موضوع آن اشکالی باشدکه سیّارات نسبت به‌یکدیگر برحسب خود فلک وبرحسب افقها پیدا می‌کنند ، درصورتی نتیجه‌بخش است که موضوع آن درست باشد ، و اگر این موضوع درست شد، چون مکانی که برای آن حساب می‌شود مجهول باشد، حکمی که برطالعهای اجتماعها واستقبالها می‌شود ، درحقیقت خلاف واقع است، و اگر این‌را ۳۲۵ درست بشماریم ، باید بگوییم که دراین صورت موضوع صناعت حساب ایشان است نه جاهای سیّارات واشکال‌آنها ، ونتیجه‌آن می‌شود که صناعت احکام‌نجوم‌را باخطوط هَشْتْمَرَّج و اتّفاقات فال و زَجَر وطَیْره یکی بدانیم .

وچنین حالتی برای اصحاب رصد و تحقیق که پایهٔ کار خودرا برتقلید از اصحاب حساب **سند هند** نهاده‌اند نیز پیش می‌آید، وچون کار بدانجا رسد که چشم میان‌یافته‌های ایشان و دیگران دربارهٔ کسوفهای نَیِّرین [یعنی ماه و خورشید] داوری کند، کارشان به‌رسوایی می‌کشد. آنگاه معلوم‌می‌شود که کسوفهای حساب‌شدهٔ ایشان باآنچه به‌چشم دیده می‌شود مخالف است، وکسوفهای خورشیدی نیز در وقت واندازه به همین‌گونه، و به علّت غفلت کردن ازحقیقت امر ودشواریهای‌آن، اختلاف دارد. و وای برایشان اگر کسوف درنزدیکی افق اتّفاق بیفتد که دراین‌صورت ناگهان گرفتار دهشتی می‌شوند که درآن راهی برای پوزش خواستن ازخطا وعلّتی برای دروغگویی خود نمی‌یابند. حسابگران خراسان، که از پژوهش دور افتادند و به‌تقلید خشنودی نمودند وکسب‌را بردانش مقدّم داشتند، درامر تحویل از یک شهر به‌شهر دیگر نادان ماندند. وحسابهای ایشان از زیج بتّانی است که برای رَقّه ساخته شده و طول آن درکتابها سی‌و هفت درجه آمده است؛ وطول بغداد، چنانکه پیش‌از این یادکردیم، میان هفتاد و هشتاد است، واینان دوری شهرهای خودرا از رقّه سه درجه کمتر از دوری ازبغدادگرفتند،
۲۲۶ درصورتی که لازم بود هفت درجه بیشتر بگیرند، پس درمجموع این‌کاست‌و فزود ده درجه خطا کردند که سهم آن برحسب اَزْمان دوسوم ساعت می‌شود. و چون چنین است، دربارهٔ کسوف ماهی از جمادی‌الاولی درسال چهارصدو ده گفتند: آغاز آن درغزنه، که دوری آن را از رقّه تقریباً یک ساعت و ثلث گرفته بودند، در ساعت هفت ونیم ازشب گذشته خواهد بود. و من آن را رصد کردم، و هنگامی‌که خسوف آغاز شد، ارتفاع عَیّوق ازمشرق اندکی کمتر از ٦٦°، وارتفاع شِعرای یمانی ۱۷°، و ارتفاع شِعرای شامی ۲۲°، و ارتفاع دَبَران ٦۳°، همه از مشرق بود. و بنابراین همه لازم می‌آید که آغازکسوف نزدیک گذشتن هشت ساعت از اوّل شب بوده باشد. و دربارهٔ شکفتگی تمام‌آن گفتند که زمان آن ده ساعت وربع ازشب‌گذشته خواهد بود؛ وساعات شب [یعنی یک دوازدهم شب] همچون برابر ساعات روز بود، چه خورشید

در اواخر برج سنبله جای داشت ، و بنابراین تمام شدن شکفتگی به گفتهٔ ایشان هنگامی بود که یک ساعت ونصف و ربع ساعت ازشب مانده باشد . وآنچه به چشم دیده‌شد این بود که همه‌جا روشن شد وستارگان ناپدید شدند ونزدیک آن‌بود که‌خورشید برآید ۳۲۷ و ماه فرورود ، وتا آن زمان که ماه در شرف پوشیده شدن باکوهها بود، هنوز برجرم آن چیزی ازکسوف دیده می‌شد ومن نتوانستم وقت را به رصد ضبط کنم .

و به همین‌گونه اصلاً به یک کسوف خورشید که در ذوالقعدهٔ سال چهارصد و نه اتّفاق افتاد اشاره‌ای نکردند ، و دوراندیشی ازایشان گفت که این کسوف زیر افق غزنه آشکار می‌شود و دراین شهر قابل رؤیت نیست . و من که درجایی میان قندهار و کابل درنزدیکی لَمْغان در زمین پستی بودم که درآن خورشید جز با داشتن ارتفاع شایسته‌ای از افق پدیدار نمی‌شد ، آن را دیدم که باکسوفی در حدود یک ثلث آن برما می‌تابید ودرحال شکفته شدن بود . و بیشترین سببْ نادانیِ آن قوم است به نهاد رقّه نسبت به بغداد ، ودیگر نادانی ایشان ازخود عمل‌کسوف خورشیداست که درباریکبینی آن درشتی می نمایند ، ودر نمایاندن شکوه آن سستی نشان می‌دهند .

و به همین جهت است که جالینوس کتابی درآن پرداخت که پزشک دانشور می‌بایستی فیلسوف یعنی‌دوستدار وخواستار حکمت بوده باشد . وفلسفه یعنی حکمت در نزد ایشان محدود است به‌شناختن موجودات به‌حقیقت وجود آنها . وچون آدمی تحقیق وتدقیق کند ، براو روا است که بگوید هرکس به فنّی از فنون علم می‌پردازد، می‌بایستی فیلسوفی باشد که اصول همهٔ علوم را مطالعه کرده باشد ، هرچند کوتاهی عمر فرصت آن را به وی نمی‌دهد که به مطالعهٔ فروع بپردازد .

۳۲۸ واین مردم که یاد کردیم ، اگر از دانش اخبار و تواریخ بهره‌ای داشتند ، و از راهها وکشورها آگاه بودند ، این را می‌دانستند که راه بغداد به شهرهای مرکزی و مرزی شام و روم از رقّه می‌گذرد ، وخلفا دربعضی از جنگهای خود این شهر را یکی از منزلگاههای خود قرار می‌دادند ، و نیز اینکه دوری روم از خراسان بیش‌از دوری

بغداد است، و بنابرآن هرچه درمیان روم و بغداد باشد ، فاصله‌اش ازخراسان بیش‌از فاصلهٔ بغداد از خراسان خواهد بود . از یکی ازایشان پرسیدم‌که : رقّه کجا است و از کدام سرزمین است ؟ ودر نزد وی جز نیمی از دانش نیافتم‌که تمام آن از دو برابرآن به دست نمی‌آید ، درصورتی‌که این‌رقّه را در زیج بتّانی به‌کار می‌برد وابعاد شهرهارا از روی آن حساب می‌کرد . وآن آگاهی‌که نزد وی از رقّه یافتم ، همچون آگاهی متعصّبان درسند هند نسبت به‌قُبّه بود‌که تنها به‌نام بس می‌کنند بی‌آنکه بدانند صاحب نام چیست، و به‌چیزهایی باور دارند‌که درعلم هیئت روا نیست وعلوم‌طبیعی مخالف‌آن است. پاک‌است خدایی‌که انعام خودرا ازگمراهتر از انعام (چارپایان) دریغ نمی‌دارد.

و همان‌گونه‌که دوری غزنه از بغداد را ازحیث طول وعرض تصحیح کردیم تا با معلوم بودن اختلاف طول وعرض مکّه وبغداد سمت قبله را درست‌کنیم، همان‌گونه لازم است بُعد غزنه را از جاهایی‌که زیجها نسبت به‌آنها نوشته شده تصحیح‌کنیم تا
۳۲۹ کسی‌که سیّارات را تقویم می‌کند از راه راست گمراه نشود .

و می‌گوییم : محاسبات **سند هند** در اصل برای قبّه بوده است که آن را میانهٔ آبادانی می‌دانستند واتّفاق کلمه داشتند‌که قبّه بیست زمان [$20°$] یعنی یک ساعت و ثلث ساعت درمشرق بغداد است ؛ به این حساب ، غزنه چهار زمان وخمس وسدس زمان یعنی ربع ساعت و یک سوم از یک دهم آن [روی هم رفته ۱۷ دقیقه] در مشرق قبّه واقع می‌شود .

وامّا محاسبات مردم مغرب که برپایهٔ کتاب **مجسطی** و **قانون** ثاوُن (ثِئُون اسکندرانی) است ، نهاده شدهٔ بر اسکندریّهٔ مصراست که ، بنا برآنچه بطلمیوس درمقالهٔ پنجم از **مجسطی** آورده ، عرض آن $30° 58'$ است ؛ و میان آن و بابل ، بنا برآنچه در رصدهای بابلیان آمده ، نصف و ثلث ساعت است که می‌شود دوازده زمان ونیم [$12° 30'$] . ومتأخّران این بُعد را سیزده زمان گرفته‌اند‌که نصف‌و ربع وسدس ساعت مستوی [۵۱ دقیقه] می‌شود . و اگر بعد میان اسکندریّه و شمّاسیّهٔ

چسبیدهٔ به بغداد را درست می‌کردند ، بهتر آن بود که همین بُعد درنظرگرفته شود ،
ولی چون ازآن یادی نکرده‌اند برما دانسته نیست ؛ و اگر این افزونی [یعنی نیم درجهٔ
میان دوازده زمان ونیم وسیزده زمان] را به سبب فاصلهٔ بغداد از بابل گرفته باشند ،
بایدگفت‌که بسیار بیش‌از آن است‌که باید ، چه بغداد چندان از بابل دور نیست ، و
گمان من آن است‌که این بُعد بیش‌از آن است‌که بطلمیوس به‌کار می‌برده است . ۳۳۰

واما امر رقّه در زیج بتّانی آشفته شده‌است ، و باآنچه پیش‌ازآن بوده مخالف درآمده است ، چه وی درجدولهای طول شهرها چنین نهاده است : برای اسکندریّه ′۳۰ °۶۰ و برای رقّه °۷۳ و برای بابِل °۷۹ و برای بغداد °۸۰ . بنابراین لازم است که اختلاف طول میان اسکندریّه و بغداد ′۳۰ °۱۹ ومیان اسکندریّه وبابل ′۳۰ °۱۸ ومیان اسکندریّه و رقّه ′۳۰ °۱۲ باشد . وهنگامی‌که به بیرون‌آوردن حرکت‌خورشید پرداخته ، آن [یعنی ′۳۰ °۱۲] را ′۰ °۱۰ گرفته و چنان پنداشته است که نیمروز رقّه بر نیمروز اسکندریّه دوسوم ساعت پیشی دارد .

یافتن اختلاف طول بغداد و رقّه

چون دراین باره همانند آنچه پیش‌از این آوردیم عمل کنیم ، می‌گوییم : اختلاف
عرض میان بغداد و رقّه ′۳۶ °۲ است که وتر آن ″۲۱ ′۴۳ °۲ و مربّع آن
۲۱^{IV} ‴۱۸ ″۴۳ ′۲۴ ۷ است. وفاصلهٔ میان بغداد و رقّه به فرسخ ۱۳۰ است ، چه
از بغداد تا انبار ۱۲ و ازآنجا تا هیت ۱۹ و ازآنجا تا عانَه ۲۷ و ازآنجا تا رُحْبَه ۳۹
و ازآنجا تا رقّه ۲۳ فرسخ است*. پس چون از مجموعْ بیست فرسخ را که نزدیک ۳۳۱
یک ششم مسافت است بیندازیم ، ۱۱۰ فرسخ می‌ماند که برحسب میل ۳۳۰ وبرحسب
درجه ″۳۴ ′۴۹ °۵ می‌شود ؛ وترآن ″۵۴ ′۵ °۶ ومربّع این‌وتر ۳۶^{IV} ‴۴۸ ″۲۲ ′۱۱ ۳۷

* یکی ازفاصله‌ها ده‌فرسخ کم نوشته‌شده ، چه مجموع فواصل ۱۲۰ می‌شود نه ۱۳۰ .

است ؛ چون تفاوت دومربّع یعنی ۲۹ ۴۶′ ۳۹″ ۳۵‴ ۱۵^{IV} را در جیب تمام‌عرض بغداد ضرب کنیم ، ۱۴۹۱ ۱۷′ ۵۴″ ۲۷‴ ۹^{IV} ۳۳^{V} ۰^{VI} به دست می‌آید ؛ آن را برجیب تمام‌عرض رقّه تقسیم می‌کنیم که خارج قسمت آن ۳۰ ۴۳′ ۴۳″ ۵۹‴ ۲۶^{IV} و جذر آن °۵ ۳۲′ ۳۶″ می‌شود . این جذر را درجیب کلّی ضرب و حاصل ۳۳۲ ۳۶′ ۰″ را برجیب عرض بغداد تقسیم می‌کنیم که خارج قسمت آن °۶ ۳۸′ ۲۸″ وتر قوس °۶ ۲۰′ ۴۳″ اختلاف طول بغداد و رقّه‌است . واین اندازه ازآنچه برای آن درزیج آمده دور نیست ، چه اگر طول بغداد را °۸۰ درجه بگیریم، طول رقّه بنابرآنچه از حساب بیرون آوردیم ، می‌شود °۷۳ ۳۹′ ۱۷″ ، و بنا برآن پذیرفتن °۷۳ برای طول رقّه قابل اعتماد است ، وگواه براین‌است آنچه پیش‌از این ازهاشمی روایت کردیم .

یافتن اختلاف طول رقّه واسکندریّه

اختلاف عرض میان آنها °۵ ۳′ است که وتر آن °۵ ۱۷′ ۱۲″ ومربّع این وتر
۲۷ ۵۶′ ۵۵″ ۵۰‴ ۲۴^{IV} می‌شود . و فاصلهٔ میان آنها ، از راه حِمْص و دمشق و
طَبَرِیَّه و رَمْلَه—هرچند مستقیم نیست—تقریباً ۷۵۰ میل است ، چه از رقّه تا
۳۳۲ حِمْص ۱۵۴ وازآنجا تا دمشق ۸۶ و ازآنجا تا طبریّه ۶۶ وازآنجا تا رمله ۶۷ وازآنجا
تا فُسطاطِ مصر ۲۹۷ و ازآنجا تا اسکندریّه ۸۰میل‌است؛چون ازاین مجموع یک‌ششم
آن‌را بکاهیم ، ۶۲۸ باقی می‌ماند که به‌درجه °۱۱ ۴′ ۵۶″ است ووتر آن °۱۱ ۳۱′ ۴″
و مربّع این وتر ۱۳۲ ۳۹′ ۳۳″ ۸‴ ۱۶^{IV} می‌شود . تفاضل دو مربّع
۱۰۴ ۴۲′ ۳۷″ ۱۷‴ ۵۶^{IV} است که چون آن را درجیب تمام‌عرض اسکندریّه یعنی
°۵۱ ۲۶′ ۵۳″ ضرب کنیم، حاصل ۵۳۸۷ ۸′ ۳۹″ ۵۹‴ ۵۳^{IV} ۱۸^{V} ۵۶^{VI} می‌شود ؛
این حاصل را برجیب تمام [عرض] رقّه تقسیم می کنیم که خارج قسمت
°۱۱۱ ۰′ ۱۶″ ۲۷‴ ۴۹^{IV} وجذرآن °۱۰ ۳۲′ ۹″ است؛ این جذر را درجیب کلّی

ضرب و حاصل آن یعنی ۶۳۲ ۹′ ۰″ را برجیب تمام عرض اسکندریّه تقسیم می‌کنیم؛ خارج قسمت ۱۲° ۱۷′ ۱۴″ وتر قوس ۱۱° ۴۵′ ۱۵″ است که اختلاف طول اسکندریّه و رقّه است.

و نتیجه نزدیک است به‌آنچه در زیج بَتّانی آمده است، چه اگر این مقدار تقریبی‌را که به‌دست‌آمده بر آنچه درآن زیج برای طول اسکندریّه ثبت‌شده بیفزاییم، مجموع ۷۲° ۱۵′ ۱۵″ می‌شود که طول رقّه نزدیک به همین مقداراست، واگرآن‌را از طول رقّه بکاهیم، ۶۱° ۱۴′ ۴۵″ می‌ماند که نزدیک طول اسکندریّه است.

ازاینجا آرامش خاطر و اعتمادی به‌آنچه در زیج بتّانی آمده‌است پیدا می‌شود، ۲۲۳
واین گمان نیرو می‌گیرد که بُعد میان اسکندریّه و بغداد بیش‌ازآن‌است که اصحاب رصد در شمّاسیّه به‌کار برده بوده‌اند.

وچون برای غزنه حساب کردیم، نتیجه آن‌شد که در آن باید ازوقت اسکندریّه برحسب اَزمان ۴۳° ۵۲′ و برحسب ساعت ۲ع ۵۵′ ۳۰″، و از وقت رقّه برحسب اَزمان ۳۱° ۲۲′ و برحسب ساعت ۲ع ۵′ ۳۰″، و از وقت بغداد برحسب اَزمان ۲۴° ۲۲′ و برحسب ساعت ۱ع ۳۷′ ۳۰″ بکاهیم، ونسبت به وقت قبّه برحسب اَزمان ۴° ۲۲′ و برحسب ساعت ۰ع ۱۷′ ۳۰″ [بیفزاییم]، و چنین است در بارهٔ شهرهای دیگری که طول وعرض آنها درست شده باشد.

و نیکوتر آن است که مثال خود را از وقتی بیاوریم که جاودانی کردن آن برای اندازه‌گیریها مورد نیازاست، هرچند ناتوانی آدمی به دریافت غایت آن نمی‌رسد. و این وقت زمان درآمدن خورشید است به برج میزان وگذشتن آن از نقطهٔ اعتدال خریفی. وآنچه را دربارهٔ این رصد به‌من رسیده‌است، هرچند دربعضی ازآنها تفاوت وانحرافی از درستی دیده می‌شود، دراینجا ثبت می‌کنم، و رسیدگی به‌آن و شناساندن درست از نادرست را به جای دیگری وا می‌گذارم که شایسته‌تر ازاین کتاب باشد.

رصدهای اِبَرْخُس در رودِس

(۱) نخستین رصد او برای این اعتدال، که به گفتهٔ بَطْلَمْیوس درمقالهٔ سوم ۳۳٤
ازکتاب **مجسطی** در جزیرهٔ رودِس صورت گرفته، و بنابرآنچه درمقالهٔ پنجم آمده این جزیره بر نصف‌النّهار اسکندریّه واقع است، هنگام فروشدن خورشید در روز سه شنبهٔ آخرین روز از ماه ماسوری دوازدهمین ماه از ماههای قُبْطی سال پانصد و هشتاد و شش ازتاریخ بُخْتْنَصَّر بوده است. و چون فاصلهٔ میان نصف‌النّهارهای غزنه واسکندریّه با دقیقه‌های روزگهری* ب٤٤ ج١٨ گ٧ است، این اعتدال در غزنه درهمان روز سه شنبه در ب٤٤ ج١٨ گ٢٢ بعداز نیمروز بوده‌است.

(۲) و رصد دوم هنگام برآمدن‌خورشید در روز شنبهٔ اوّل از روزهای‌اضافی سال پانصد وهشتاد و نه از تاریخ بختنصَّر بوده است که در غزنه بعداز نیمروز جمعهٔ

---

* حال ساعتها نزدیک هندوان چگونه است؟ ایشان ساعتها را هور خوانند بنام نیم‌برج. و بکار ندارند مگر باحکام نجوم. فاما آنچ همگان بکار دارند آنست که شبانروز را یکی نهند. آنگه اورا بشست بخش کنند. و هریکی‌را گهری خوانند. و هرگهری را بشست بخش کنند، و آنرا جشه گویند. و نیز جکه گویند. وگروهی جشه را بناری خوانند. و هر بناری‌شست بران. و همی گویند که بران اندازهٔ نفس‌مردم درست‌است برکشیدن‌میانگی... و چون گهریان داری و اورا ساعت مستوی [یعنی ساعت مساوی یک بیست و چهارم شبانه روز] خواهی کردن، پنجیک گهریان دوتوکن [یعنی در ۲/۵ ضرب کن]. نقل‌از **التفهیم**، ص ۷۱.

درمتن «گ» علامت گهری است، «ج» علامت جکه، و «ب» علامت بناری.

آخرین روز از ماسوری ٤٤ب ١٨ج ٥٢ک اتّفاق افتاده است .

(۳) و رصد سوم نیمروز یکشنبهٔ نخستین روز از روزهای اضافی سال پانصدو نود بختنصَّر بوده است ، مطابق با ٤٤ب ١٨ج ٦ک پس‌از نیمروز یکشنبه .

(٤) و رصد چهارم در نیمهٔ شبی بوده است که فردای آن یکشنبهٔ چهارمین روز ازروزهای‌اضافی سال ششصدویک‌بختنصَّر می‌شده ، ومطابق‌است‌با ٤٤ب ١٨خ ٣٦ک پس‌از نیمروز شنبهٔ سومین روز از روزهای اضافی در غزنه .

۳۳٥ (٥) ورصد پنجم‌هنگام‌برآمدن خورشید روز دوشنبهٔ‌چهارمین‌روز از روزهای اضافی سال ششصد و دو بختنصَّر ، مطابق با ٤٤ب ١٨ج ٥٢ک پس‌از نیمروز یکشنبهٔ سومین روز از روزهای اضافی در غزنه .

(٦) و رصد ششم هنگام فرو شدن خورشید روز پنجشنبهٔ چهارمین روز از روزهای اضافی سال ششصد و پنج بختنصَّر ، مطابق با ٤٤ب ١٨ج ٢٢ک پس‌از نیمروز پنجشنبه در غزنه .

رصدهای بطلمیوس دراسکندریّه

(۱، ۷) نخستین‌رصد ازدو رصد او هشت‌ساعت برآمده از روزچهارشنبهٔ هفتم ماه اَثور ، سومین ماه قبطی از سال هشتصدو هشتاد بختنصَّر بود که در غزنه می‌شود ٤٤ب ١٨ج ١٢ک پس‌از نیمروز چهارشنبه .

(۲، ۸) و رصد دوم یک ساعت برآمده از روز جمعهٔ نهم ماه اَثور سال هشتصدو هشتادو هفت بختنصَّر بود که درغزنه می‌شود ٤٤ب ٤٨ج ٥٤ک پس‌از نیمروز پنجشنبهٔ نهم اَثور .

رصدهای شمّاسیّه وبغداد

(۱، ۹) یحییَ بن ابی منصور آن را چهار پنجم ساعت پس‌از نیمرزز یکشنبهٔ بیست و پنجم فَرْموثی ، هشتمین ماه قبطی سال هزارو پانصدو هفتادو هفت بختنصَّر یافت ، که درغزنه می‌شود ۴۴ب ۳ج ۶ک پس‌از نیمروز یکشنبه .

۳۲۶ (۲، ۱۰) و دوم در شمّاسیّه از رصدکننده‌ای ناشناس ، یکٔ ساعت پیش از نیمروز دوشنبهٔ بیست‌و پنجم ماه فَرموثی ازسال‌هزارو پانصدو هفتادو هشت بختنصَّر، که درغزنه می‌شود ۴۴ب ۳۴ج ۱ک پس‌از نیمروز دوشنبه .

(۳، ۱۱) و سوم درکتاب **سنة الشّمس** ، یکٔ ساعت پس‌از غروب روز سه شنبهٔ بیست‌و پنجم ماه فَرموثی از سال هزارو پانصد و هفتاد و نه بختنصَّر ، که در غزنه می‌شود ۴۴ب ۳۳ج ۲۱ک پس‌از نیمروز سه شنبه .

رصد خالد در دمشق

(۱۲) خالد بن عبدالملکٔ مَرْوَروذی آن را در دمشق دوازده ساعت و چهار پنجم ساعت پیش‌از نیمروز پنجشنبهٔ بیست‌و ششم فرموثی ازسال هزارو پانصدو هشتاد بختنصَّر یافت ؛ وآنچه برای دمشق درتفاوت طول آن با بغداد شمرده می‌شود ده درجه است، و وضع قرارگرفتن‌آن نسبت به رقّه واسکندریّه بااین اندازه ناسازگار نیست ؛ پس این اعتدال درغزنه مقارن بوده‌است با ۴۴ب ۴۳ج ۳۳ک پس‌از نیمروز چهارشنبهٔ بیست‌و پنجم فرموثی .

رصد بغداد از رصدکننده‌ای ناشناخته ۳۲۷

(۴، ۱۳) سه ساعت و خمس ساعت و سدس ساعت ازآغاز شب پنجشنبهٔ

بیست‌و نهم فرموثی ازسال هزارو پانصدو نودو یک بختنصّر یافته شد که مطابق است با ب٤٤ ج٢٨ ک٢٧ پس‌از نیمروز چهارشنبهٔ بیست‌و هشتم فرموثی .

رصد محمد بن علی درنیشابور

(١٤) محمّد بن علی مکّی آن را در نیمروز شنبهٔ آخرین روز فرموثی از سال هزارو پانصدو نودو نه بختنصّر یافت که ، بنا برآنچه درطول نیشابور گفتیم ، درغزنه می‌شود ب٤٤ ج٣٣ ک١ پس‌از نیمروز شنبه .

رصد پسران موسی درسُرَّ مَنْ رَأیٰ

(١٥) آن را درنیمروز سه شنبهٔ دوم ماه باخون ، نهمین ماه قبطی سال هزارو ششصدو هفت بختنصّر یافتند ، وچون سُرَّ مَنْ رَأیٰ به اندازهٔ ربع درجه در مغرب بغداد واقع است ، پس این‌اعتدال درغزنه می‌شود ب١٤ ج٦ ک١٣ پس‌از نیمروز سه‌شنبه.

رصد بَتّانی دررقّه

(١٦) آن را هفت ساعت و ربع گذشته ازشب چهارشنبهٔ هشتم باخون ازسال ٣٢٨
هزارو ششصدو سی بختنصّر یافت ، که درغزنه می‌شود ب١٤ ج٢١ ک٣٨ پس‌از نیمروز سه شنبهٔ هفتم باخون .

رصد سلیمان بن عصمت در بلخ

(١٧) آن را هفت ساعت و سه خمس ساعت برآمدهٔ از روز چهارشنبهٔ نهم

باخون سال هزار و ششصد و سی و شش بختنصّر یافت، که در غزنه می‌شود ب۱۴ ج۴۳ ک۳ پس از نیمروز چهارشنبه .

رصد ابوالحسین صوفی درشیراز

(۱۸،۱) آن را در رصد اوّل پنج ساعت برآمدهٔ از روز یک شنبهٔ بیست و نهم باخون سال هزار و هفتصد و هجده بختنصّر یافت ، که در غزنه ، بنابرآنچه در بارهٔ طول شیراز گفتیم ، می‌شود ۴۰ ب۸ ج۸ ک۵ پس از نیمروز یکشنبه .

(۱۹،۲) وآن‌را دررصد دوم هنگام فروشدن خورشید از روز دوشنبهٔ بیست و نهم باخون از سال هزار و هفتصد و نوزده بختنصّر یافت ، که در غزنه می‌شود ۴۰ ب۸ ج۳۸ ک۱۷ پس از نیمروز دوشنبه . ۳۳۹

رصد ابوالوَفاء دربغداد

(۲۰) آن را سه ساعت برآمدهٔ از روز جمعهٔ آخرین روز باخون از سال هزار و هفتصد و بیست و دو بختنصّر یافت که در غزنه می‌شود ب۴۴ ج۳۳ ک۵۶ پس از نیمروز پنجشنبهٔ بیست و نهم باخون.

رصد ابوریحان درجرجانیّه

(۲۱،۱) آن‌را هفت ساعت برآمدهٔ ازروز دوشنبهٔ دهم ماه باونی ، دهمین ماه قبطی از سال هزار و هفتصد و شصت و چهار بختنصّر یافتم ، که در غزنه می‌شود ب۳۵ ج۱۳ ک۴ پس از نیمروز دوشنبه .

رصد ابوریحان درغزنه

(۲۲،۲) آن را درغزنه پس‌ازنیمروز پنجشنبهٔ دهم‌باونی سال‌هزارو هفتصدو شصت‌و هفت بختنصَّر با گهری ۳۰ج ۴۷ک و با ساعت ۰قه ۱۹عة و با آزمان ″۸۵ °۷ یافتم .

و خدای تعالی مرا درآنچه به‌آن از درست‌کردن حرکات آسمانی با رصدهای پیاپی پرداخته‌ام ، یاور است ، که درنیکی و پاداشْ دل به سوی او است ، و از بدیِ کیفر او باید بیم داشت،واز او باید در نزدیک شدن به‌آنچه مایهٔ خرسندی اواست ، و دوری جستن از آنچه مایهٔ خشم او است ، توفیق خواست ؛ به‌کرم و فراخیِ بخشندگی او .

پایان یافت کتاب تحدید نهایات الاماکن لتصحیح مسافات المساکن .

و از نوشتن آن در غزنه ، هفت روز مانده از رجب سال چهارصد و شانزده بیاسودم .

نامهای جاها واقوام

عدد صحفه‌ای‌که پس از آن حرف (ح) آمده ، مربوط به حاشیهٔ آن صفحه است

نامهای کسان

عدد صفحه‌ای که پس از آن حرف (ح) آمده ، مربوط به حاشیهٔ آن صفحه است

نام کتابها وسوره‌های قرآن

عدد صفحه‌ای که پس ازآن حرف (ح) آمده، مربوط به حاشیهٔ آن صفحه است

غلطنامه

صفحه	سطر	غلط	درست
٧	١٨	يَسْمَعون	يَسْتَمِعونَ
١٧	٢٠	ألفِ	ألفَ
٣١	١١	حضبض	حضيض
٣١	١٩	كتد	كند
٤٠	٨	وموسى ، پسران شاكر	واحمد پسران موسى بن شاكر
٦٦	٤	٣٣″ ٢٣″	٣٣′ ٢٣°
٧١	٢٣	فرمانروايیان	فرمانروايان
٨٢	١٢	پرداختن آن	پرداختن به‌آن
٨٤	١	١٨″	١٨′
٩٩	١٧	همچون	همچنين
١٠١	٩	دانسنه	دانسته
١٠٢	٣	يس	پس
١١٠	١٠	شمارهٔ	شماره
١١٢	١٥	می‌گذرد ،	می‌گذرد، و پس‌ازآن ازسفالة‌الزّنج ونوبه عبور می‌کند ،
١٢٧	٧	محيطی	محاطی
١٣٦	١٢	اصورت	صورت
١٤٢	٦	پبش	پيش

صفحه	سطر	غلط	درست
١٨١	١٨	نتیجهٌ	نتیجه
١٨٤	٢١	چهل و سه	سی و چهار
١٩٤	٢١	٨٥٣	٨٠٣
٢١٠	٦	′٤٦	′٤٥
٢١٣	١٢	. °٨٨	،°٨٨
٢١٤	١	LE	LF
٢١٤	٥	′٤١	′١٤
٢١٥	٢١	TKW	KTW
٢١٦	٥	آن	آن″٣٩ ′٦ °٠ ومربّع آن
٢١٧	٢٠	٣٥	°٣٥
٢١٨	٣	٢،٣٨٩	٢٣٨٩
٢١٨	٨	٤٨ ٣٠	°٤٨ ′٣٠
٢١٨	١٦	°٤٥	٤٥
٢١٩	٢٠	١،١٥٠	١١٥٠
٢٢٠	٢	°٢٩٣	٢٩٣
٢٢٣	١١	١٨٢ ′٤	١٨٢ ′٤
٢٢٣	١٦	بیست و پنج	سی و پنج
٢٢٣	١٧	٢١	٣١
٢٢٤	٨	″٢٣	٣٣
٢٢٤	٢٣	′٥٠	′٥٥
٢٢٥	١٤	″٢٢	″١٢
٢٢٥	١٦	٤٠	°٤٠

صفحه	سطر	غلط	درست
۲۲۵	۱۷	۱۹″	۱۵″
۲۲۶	۶	۵۹^{IV}	۵۶^{IV}
۲۲۶	۱۴	۳۸″	۲۸″
۲۲۶	۱۷	۲۹′	۱۹′
۲۲۶	۱۹	۹۱	۹۱°
۲۲۷	۱۱	شود	شود ،
۲۲۹	۲۰	۵۷′ ۱۶″	۲۸′ ۲۷″
۲۳۰	۱۸	۴،۳۴۸	۴۳۶۸
۲۳۰	۲۰	۱′ ۵°	۱′ ۰″
۲۴۶	۱۹	۱۵۳ ۸°	۱۵۳۸
۲۴۶	۲۲	دایرهٔ	دایره در
۲۵۵	۹	لمعان	لمغان