شماره امواز ۲۳۴۷۰
۱۳۷۸ /۳/ ۱۳

ابزار و آلات رصدخانهٔ مراغه

ترجمه، تألیف، و تحقیق از

سرفراز ـ غزنی

سازمان میراث فرهنگی کشور

۵۲۲
ن ۳۶ غ
کدعنوان ۳۱۹۴

اونت معرفی و آموزش

زار و آلات رصدخانهٔ مراغه

یسنده: سرفراز ـ غزنی
اپ اول: ۱۳۷۶
راژ: ۳۰۰۰ نسخه
شر: سازمان میراث فرهنگی کشور
سوب: شورای کتاب سازمان میراث فرهنگی کشور
ر اجرایی: اداره کل آموزش، انتشارات و تولیدات فرهنگی
راستار: بتول فنی‌زاده تبریزی
راحی روی جلد: شهلاپور
وفچینی، صفحه‌آرایی: شرکت پیام‌سبز
وگرافی، چاپ و صحافی: شبکه / نادر
ئول فنی چاپ: سیروس ایمانی‌نامور
انی: تهران ـ خیابان استاد مطهری، خیابان لارستان، شماره ۶۰، تلفن: ۸۹۶۲۲۳
حقوق برای «سازمان میراث فرهنگی کشور» محفوظ است

فهرست مطالب

R.۸۳

شرح تصاویر ۸
مقدمه ناشر ۱۳
نامهٔ علیقلی میرزا اعتضادالسلطنه ۲۱
سرآغاز و گذری از تاریخ ۲۵
مقدمهٔ مترجم ۳۳
اطلاعاتی دربارهٔ کتاب اصلی مؤیدالدین عُرضی از فرانس بروین ۳۵
مراجع و مآخذ مقدمه ۳۹
علایم اختصاری ۴۰
روابط مثلثاتی در دانش نجوم و ریاضی ایران در دورهٔ اسلام ۴۱

فصل اول بخش یک ـ زندگینامهٔ خواجه نصیرالدین طوسی ۴۳
آثار و تحقیقات و تتبعات خواجه ۴۵
دفاع از بوعلی سینا ۴۵
نقش خواجه در حمایت از دانشمندان در دوران هلاکوخان ۴۶
شرحی از ساختمان رصد خانهٔ مراغه ۴۹
همکاران علمی خواجه در رصد خانهٔ مراغه ۵۲

اشتغالات دیگر خواجه ۵۶
پایان زندگی خواجه نصیرالدین طوسی و عاقبت رصد خانه ۵۸
منابع و مآخذ فصل اول ۶۰
بخش دوم ـ زندگینامهٔ مؤیدالدین عُرضی ۶۳

فصل دوم بخش یک ـ شرح آلات و ابزارهای نجومی رصد خانه از مؤیدالدین عُرضی ۶۹
نام دستگاهها و مرادف انگلیسی آنها ۷۰
فهرست نام ابزار و آلات ۷۱
مقدمهٔ کتاب شرح آلات رصد از مؤیدالدین ۷۲
بخش دوم ـ شاخص خط نصف‌النهار یا شاخص خورشیدی ۷۵
ربع جداری دیواری ۷۹
ذات‌الحَلَق ۸۴
حلقهٔ نصف‌النهاری یا حلقهٔ شامله یا حلقهٔ انقلابین ۹۹
حلقهٔ استوایی یا حلقهٔ اعتدالین ۱۰۲
خط کش دیده‌بانی «العضاده» با دو سوراخ قراولروی (ذات‌الثقبتین) ۱۰۴
دستگاههایی که خود ساخته‌ایم ۱۱۱
دستگاه دو ربعی ـ «ذات‌الربعتین» ۱۱۱
دستگاه دو خط کش (ذات‌الاستوانتین) ۱۱۸
ابزاری برای تعیین سینوس و آزیموت ۱۲۳
دستگاه محاسبهٔ سینوس و سینوس وِرْس ۱۲۹
دستگاه کامله ۱۳۱
دو خط کش بطلمیوس یا ذات‌الشعبتین ۱۳۸

فصل سوم بخش اول ـ اطلاعاتی در مورد کارهای غیاث‌الدین جمشید کاشانی ۱۴۵
شرحی از کارهای کاشانی ۱۴۷
دستگاه اندازه‌گیری عرض ستارگان از کتاب طبق‌المناطق که مسلمین به‌کار می‌بردند ۱۴۸

اظهارنظر از نویسنده‌ای نامعلوم ۱۶۱
الف ـ رصدخانه ۱۶۱
ب ـ اسطرلاب ۱۶۳
ج ـ اندازه‌گیری زمان ۱۶۳
بابرشاه و سمرقند ۱۶۴
خجندی ۱۶۶
ابوریحان بیرونی ۱۶۸
ابوالحسن المراکشی ۱۷۰
بیرجندی و رصدخانهٔ «جی‌سینگ» ۱۷۲
رصدخانهٔ سمرقند ۱۷۹
رصدخانهٔ سمرقند و ارتباط آن با رصدخانهٔ مراغه ۱۸۹
منابع و مآخذ فصل سوم ۱۹۳

فصل چهارم بخش یک ـ اجزا و ادوات اسطرلاب ۲۰۵
خطوط و نقوش و تقسیمات داخلی یک اسطرلاب ۲۱۷
اعداد ـ علایم ـ محاسبه و ترسیم خطوط ۲۲۴
نام ستارگان بر صفحهٔ اسطرلاب ۲۲۸
طریقهٔ محاسبه و ساخت صفحهٔ عنکبوتیه ۲۳۰
رسم خطوط نصف‌النهار ۲۴۹
خطوط ساعات مُعَوَّج ۲۵۶
محاسبهٔ مقدار زاویهٔ انحراف شهرها در اسطرلاب ۲۵۹
خواجه نصیرالدین طوسی و فرمول مثلثات کروی ۲۷۰

شرح تصاویر

شکل ۱. سه دانشمند مسلمان منجم در حال رصد ستارهٔ «ابط‌الجوزا». نقاشی از کیت وارد[1] از مجلهٔ آسترونومی اپریل ۱۹۸۷. ۱۸

شکل ۲. مینیاتور مُذَهّب از چهره خواجه نصیر ۲۰

شکل ۳. تصویر خط و نامهٔ علیقلی میرزا اعتضادالسلطنه ۲۲

شکل ۴. پلان پوشش رصدخانه (۲۳)

شکل ۵. برش و دید کلی از مجموعه (۲۴)

شکل ۶. مقیاس دست انسان در بکار بردن ابعاد طول. ۳۷

شکل ۷. جدول روابط مثلثاتی در دانش نجوم و ریاضی ایران در دورهٔ اسلام ۴۱

شکل ۸. روابط مثلثاتی در بکار بردن مسائل ریاضی و هندسی و نجومی ۴۲

شکل ۹. پلان قدیمی رصدخانه (۶۸)

شکل ۱۰. شاخص و تعیین‌کنندهٔ خط نصف‌النهار یا شاخص خورشیدی ۷۷

شکل ۱۱. خط کش با دو دیدگاه قراول‌روی ۸۱

شکل ۱۲. دیوار با میخهای چوبی و ربع مدرج ۸۲

شکل ۱۳. ذات‌الحَلَق با رُبع جُداری از کتاب اصلی ۸۳

شکل ۱۴. حلقه‌های منطقه‌البروج و حلقهٔ حامل و پایه ۸۴

1 - KEITH WARD

شکل ۱۵. ذات‌الحَلَق و حلقه‌های درونی آن از کتاب اصلی ۸۷

شکل ۱۶. مقیاس و درجات بر حلقه‌های مختلف ۸۸

شکل ۱۷. میله و مهرهٔ محورهای مختلف ۹۱

شکل ۱۸. خط کش (العضاده) با میخ پرچ و گوه و اَسبک ۹۳

شکل ۱۹. دو نوع وسیله برای تراز و صاف کردن حلقه‌ها ۹۵

شکل ۲۰. دستگاه ذات‌الحلق ۹۸

شکل ۲۱. حلقهٔ نصف‌النهاری ۱۰۱

شکل ۲۲. حلقهٔ نصف‌النهاری که به طریقهٔ صحیحی ترسیم شده است ۱۰۱

شکل ۲۳. حلقهٔ استوایی ۱۰۳

شکل ۲۴. خط کش (العضاده) با دو سوراخ دیده‌بانی ۱۰۵

شکل ۲۵. دو ابزار برای رؤیت گرفتگیها ۱۰۶

شکل ۲۶. خط کش دیده‌بانی (العضاده) با دو سوراخ قراول‌روی (ذات‌الثقبتین) ۱۰۹

شکل ۲۷. دستگاه با دو سوراخ دیده‌بانی ۱۱۰

شکل ۲۸. رصد دو ستاره روی مثلث کروی ۱۱۶

شکل ۲۹. دستگاه دو ربعی ۱۱۷

شکل ۳۰. دستگاه دو خط کش «ذات‌استوانتین» از کتاب اصلی ۱۲۰

شکل ۳۱. دستگاه دو خط کش با طرح صحیح ۱۲۲

شکل ۳۲. دستگاه سینوسی و محاسبهٔ آزیموت از کتاب اصلی ۱۲۷

شکل ۳۳. شکل صحیح طراحی شدهٔ دستگاه سینوسی و محاسبهٔ آزیموت ۱۲۸

شکل ۳۴. دستگاه محاسبه سینوس و سینوس وِرس ۱۳۰

شکل ۳۵. دستگاه کامله از کتاب اصلی ۱۳۲

شکل ۳۶. دستگاه کاملهٔ طراحی شدهٔ صحیح ۱۳۷

شکل ۳۷. صفحه آخر کتاب نسخه‌برداری شده سال ۱۲۷۵ هـ. ق. ۱۴۱

شکل ۳۸. ساختمان و کاربرد «ذات‌الشعبتین» ۱۴۳

شکل ۳۹. قسمتی از طرح کاربرد طَبَق‌المناطق (تدویر سیاره) ۱۵۱

شکل ۴۰. مرکز عالم و فلک حامل ۱۵۲

شکل ۴۱. نقطهٔ عرض و خط استوا ۱۵۴
شکل ۴۲. تعیین عرض سوم ۱۵۵
شکل ۴۳. دستگاه زاویه خوانی عمودی و افقی که از تخته ساخته شده (تئودولیت اولیه) ۱۶۷
شکل ۴۴. دستگاهی از رصدخانه (عکس ماکت از موزهٔ علوم لندن) ۱۷۳
شکل ۴۵. ماکت دستگاهی از رصدخانه در موزهٔ علوم لندن ۱۷۴
شکل ۴۶. ماکت ساخته شدهٔ دستگاهی از رصدخانه (عکس از موزهٔ علوم لندن) ۱۷۵
شکل ۴۷. دستگاهی از رصدخانهٔ جی‌سینگ (عکس از موزهٔ علوم لندن) ۱۷۶
شکل ۴۸. دستگاه قطب‌نما و مقادیر انحراف ماهیانه و سالیانه ۱۷۷
شکل ۴۹. ورودی داخل رصدخانهٔ سمرقند و شکاف ربع جُداری ۱۷۸
شکل ۵۰. پلان ربع جُداری رصدخانهٔ سمرقند ۱۸۳
شکل ۵۱. کشوی ربع جداری و چند حرف برکاشی رصدخانه ۱۸۷
شکل ۵۲. الغ بیک در رصدخانه سمرقند و بازدیدکنندگان اروپایی ۱۸۸
شکل ۵۳. ارتفاع و شعاع ساختمانی و شعاع ربع جداری ۱۹۰
شکل ۵۴. مشخصاتی از ربع جداری ۱۹۲
شکل ۵۵. انواع کره‌های سماوی در رصدخانه‌ها ساختهٔ دانشمندان اسلامی ۱۹۶
شکل ۵۶. دستگاه ستاره‌یاب شبانه (ناکتورنال)، محمدبن‌علی یاکار رضی‌الدین ۱۹۸
شکل ۵۷. سه قاچ از کرهٔ سماوی قسمت اول ۱۹۹
شکل ۵۸. سه قاچ از کرهٔ سماوی قسمت دوم ۲۰۰
شکل ۵۹. سه قاچ از کرهٔ سماوی قسمت سوم ۲۰۱
شکل ۶۰. سه قاچ از کرهٔ سماوی قسمت چهارم ۲۰۲
شکل ۶۱. تصویر کنده‌کاری شدهٔ قرن هفدهم، الغ بیک در میان دانشمندان‌دیگر دیده می‌شود، نفر سوم از سمت چپ ۲۰۳
شکل ۶۲. مقایسهٔ ربع جداری رصدخانه‌های خجندی و غیاث‌الدین جمشید ۲۰۴
شکل ۶۳. اجزای جدا شدهٔ اسطرلاب ۲۰۷
شکل ۶۴. خواجه نصیرالدین طوسی در حال کار با اسطرلاب ۲۰۸
شکل ۶۵. کرسی اسطرلاب شاه عباس ۲۰۹

شکل ۶۶. کرسی اسطرلاب لاهوری ساختهٔ سال ۱۱۲۸ هجری ۲۱۱
شکل ۶۷. اجزای نامهای خارجی اسطرلاب ۲۱۴
شکل ۶۸. اجزای هفتگانهٔ اسطرلاب ۲۱۶
شکل ۶۹. پشت یک اسطرلاب اروپایی ۲۱۸
شکل ۷۰. خطوط و منحنی‌های محاسبات ریاضی بر پشت اسطرلاب ۲۲۰
شکل ۷۱. صفحهٔ عنکبوتیهٔ اسطرلاب شاه عباس ۲۲۱
شکل ۷۲. نقش داخل صفحه یا طول و عرض شهرها بر صفحهٔ «اُم» ۲۲۲
شکل ۷۳. ترسیم مدارات از استوا به طرف قطب (دایرهٔ الف) ۲۳۱
شکل ۷۴. ترسیم مدارات از قطب به طرف استوا (دایرهٔ ب) ۲۳۱
شکل ۷۵. تصویر مسطحهٔ خط استوا و مدارین ۲۳۲
شکل ۷۶. طریقهٔ محاسبهٔ مدار رأس‌السرطان و رأس‌الجدی ۲۳۴
شکل ۷۷ و ۷۸. طریقهٔ ترسیم دوایرالمقنطرات بر صفحه ۲۳۶
شکل ۷۹. تصویر و ترسیم نقاط اعتدالین بر صفحهٔ اسطرلاب ۲۳۸
شکل ۸۰. دوایر معدل‌النهار و خط استوا ۲۴۰
شکل ۸۱. جدول مشخصات ۱۹ ستاره بر صفحهٔ عنکبوتیه ۲۴۱
شکل ۸۲. طریقهٔ ترسیم مکان برجها بر صفحهٔ یک اسطرلاب ۲۴۴
شکل ۸۳. طریقهٔ ترسیم خطوط‌المقنطرات ۲۴۵
شکل ۸۴. جدول رسم‌المقنطرات بعد از تعیین مرکز M ۲۴۸
شکل ۸۵. خطوط‌المقنطرات در مدارات مختلف ۲۵۰
شکل ۸۶. رسم خطوط‌المقنطرات برای عرض ۳۵ درجه باکامپیوتر ۲۵۱
شکل ۸۷. رسم و حکاکی خطوط‌المقنطرات به همت یک هنرمند اصفهانی بر صفحهٔ برنجی (قرن ۱۱) ۲۵۲
شکل ۸۸. شاهکار صنعت یک ایرانی در ترسیم خطوط‌المقنطرات ۲۵۳
شکل ۸۹. ترسیم مسطحهٔ خطوط آزیموت ۲۵۵
شکل ۹۰. ترسیم نصف‌النهارات از قطب ۲۵۷
شکل ۹۱. ترسیم خطوط مُعَوّج بر صفحه ۲۵۸

شکل ۹۲. جدول شمارهٔ ۳ برای تعیین مقدار OZ یا OM وقتی که R = ۴۵ میلی‌متر باشد ۲۶۰
شکل ۹۳. مشخصات جغرافیائی شهرها ۲۶۱
شکل ۹۴. مکان هندسی تهران بر نصف‌النهار یا طول جغرافیایی ۲۶۵
شکل ۹۵. مقادیر زوایای قطبی دو نقطه بر طول جغرافیایی ۲۶۵
شکل ۹۶. فواصل عرض جغرافیایی دو نقطه بر مدار ۲۶۶
شکل ۹۷. مکان هندسی دو شهر بر قاچی از کره ۲۶۸
شکل ۹۸. محاسبهٔ مقادیر زوایای مثلثاتی دو شهر مکه و تهران ۲۶۹
شکل ۹۹. عکسی از نویسنده کتاب و همسرشان باتفاق مترجم این کتاب در مدرسه چهار باغ اصفهان ۲۷۳
شکل ۱۰۰. عکس دیگری از نویسنده کتاب و همسرشان باتفاق مترجم در مدرسه چهار باغ اصفهان ۲۷۳
شکل ۱۰۱. نام خواجه نصیرالدین بر یکی از قله‌های کره ماه ۲۷۴

مقدمه ناشر

از جمله مراکز علمی مهم کشورهای متمدن در زمانهای گذشته «رصدخانه‌های نجومی» بودند. در آنجا دانشمندان منجمان و ستاره‌شناسان با کمک ابزار و آلات مخصوص، حرکت و گردش ستارگان، ماه و خورشید را زیرنظر گرفته و به کمک آنها ضمن تدوین تقویم زمان و محاسبه سال و ماه و هفته و روز، برخی از رویدادهای طبیعی و غیرطبیعی مانند خسوف و کسوف را پیش‌بینی می‌کردند.

دانشمندان ایرانی که در طول تاریخ در تمام عرصه‌های علم و دانش حضور جدی و فعالی داشته‌اند و در بسیاری از آنها حرف اول و آخر را می‌زدند. در علم نجوم و رصدستارگان نیز خدمات ارزنده‌ای به بشریت ارائه کرده‌اند.

رصدخانه‌هایی مانند رصدخانه شیراز، نیشابور، ری، بلخ، غزنین و مراغه هریک زیرنظر یکی از دانشمندان ایرانی در برهه‌ای از تاریخ پیشتاز این رشته علمی در دنیای زمان خود بودند. هرچند درباره این رشته علمی و مراکز مربوط به آنها در دوران خود بالنسبه کتابهای زیادی نوشته شده اما متاسفانه نسبت به ترجمه یا معرفی آنها برای بهره‌جویی نسل‌های حاضر اقدام قابل توجهی صورت نگرفته است و لاجرم در حجاب غربت قرار دارند.

کتاب حاضر ترجمه یکی از این کتابهاست که توسط مؤیدالدین عرضی نوشته شده و استاد محترم آقای سرفراز غزنی با تحمل زحمت فراوان ضمن ترجمه آن به معرفی یکی از

مهمترین رصدخانه‌های تاریخ (رصدخانه مراغه) و بنیان‌گذار آن خواجه نصیرالدین طوسی پرداخته است.

امید است که این اقدام ارزنده فتح‌یابی برای کلیه کسانی باشد که به علم و دانش و بخصوص نجوم علاقه داشته و مایلند از آنچه داشته‌ایم، برای آنچه که در جستجوی آنیم، بهره گیرند و مجد عظمت دیرین این سرزمین را احیا نمایند.

سازمان میراث فرهنگی به این قبیل تلاشها ارج نهاده و آمادهٔ ارائه هرگونه اسناد، مدارک، آثار و خدمات جانبی جهت گسترش علم و دانش در زمینه‌های مختلف از جمله نجوم می‌باشد. د ـ ۱/۵ ان‌شاءا..

ناصر پازوکی

معاون معرفی و آموزش سازمان میراث فرهنگی کشور

تقدیم

به روان پاک دانشمندان گذشتهٔ ایران که در اعتلای علم و دانش این سرزمین در پرتو شمعها و مشعلها شب و روز کوشیدند و اثری از خود به یادگار نهادند و جامهٔ افتخار را به کشورمان ایران پوشاندند.

و آنگاه

به روان درگذشتگانم به ویژه به پدرم محمد ابراهیم و مخصوصاً به مادرم نرگس که از پنج سالگی مرا در کنار خود نشاندند و باکتابهای علمی خارجی آشنا کردند و شوق و ذوق جستجوگری را در وجودم پروراندند.

خدایا، روان آنها را شادگردان

و به همهٔ

آموزگاران دوره ابتدایی، دبیرستان و دانشگاهی‌ام که از هیچ یک از آنان جور ندیدم و جفا نکشیدم و آنهایی که رخت از جهان بربستند و به دیار دگر رفتند و به سرای جاودانی شتافتند و خاطره‌ای از خود در وجودم به ودیعت نهادند.

خدای بزرگ همهٔ آنها را رحمت کند.

سرفراز غزنی

برداشتی از دکتر مهندس سرفراز غزنی و آثار علمی ایشان و کتاب آلات و ابزار رصدخانهٔ مراغه

توفیق رفیق گشت که سنواتی در جلساتی، دور از ریب و ریای نام و نان، به محضر پاره‌ای از معاریف بی‌نام و نشان بار یابم تا بزرگانی از زمانهٔ خویش را باز یابم.
از میان بیش از هفتاد تن از هوشمندان دانشمند خردمند اندیشمند به فردی برخورد کردم که سرا پا شور بود و پا تا سر شرر.
دکتر مهندس سرفراز غزنی، نابغه‌ای تحصیلکرده و انسانی وارسته، که در انواع علوم دقیقهٔ زمان، از جبر و مثلثات گرفته تا نجوم و فیزیک، باستان‌شناسی، تاریخ، نقاشی، تاریخ علوم دورهٔ اسلام، ادیان، و عرفان خود سرآمد روزگار است، کمر همّت به احیای فرهنگ علمی و میراث فرهنگی ایران و اسلام بسته و بزرگترین گام را در دادن هویّت مستقل ملّی ـ مذهبی به فرزندان این مرز و بوم برداشته است.
آثار پرشماری، اعّم از نظری و علمی، از ایشان خوانده و دیده‌ام که به رغم بضاعت مزجاه خود در فهم عمیق و درک دقیق این گونه از معارف، به دلیل سابقهٔ آشنایی با کارهای بزرگان، شاید بتوانم اعتراف نمایم که این مرد بزرگ بزرگمردی کم‌نظیر و احتمالاً در نوع خود بی‌بدیل عصر حاضر در جامعهٔ معاصر است.
ضمن آرزوی سلامت و سعادت هر چه بیشتر برای این‌گونه ستارگان هدایتگر در بّر و بحر انسانیت، امید آن دارم که از انوار این‌گونه انجم قبل از عروج به افق هفتم بهرهٔ بهینه ببریم. انشاءالله.

دکتر حسین باهر استاد دانشگاه

شکل ۱. سه دانشمند مسلمان منجم در حال رصد ستاره آبط الجوزا

پژوهش علمی و فنی در ارائهٔ دقیق زندگینامهٔ خواجه نصیرالدین طوسی و مؤیدالدین عُرضی و آلات و ابزار رصد خانهٔ مراغه و چگونگی ساخت آنها که با استادی و مدیریت و نظارت خواجه نصیرالدین به وجود آمده و نمونه‌ای برای تولد رصد خانه‌های سمرقند در تاجیکستان، اوجین در هندوستان، موترو در بنارس، اورانین برگ در دانمارک، و رصد خانهٔ شانگهای در چین شده است.

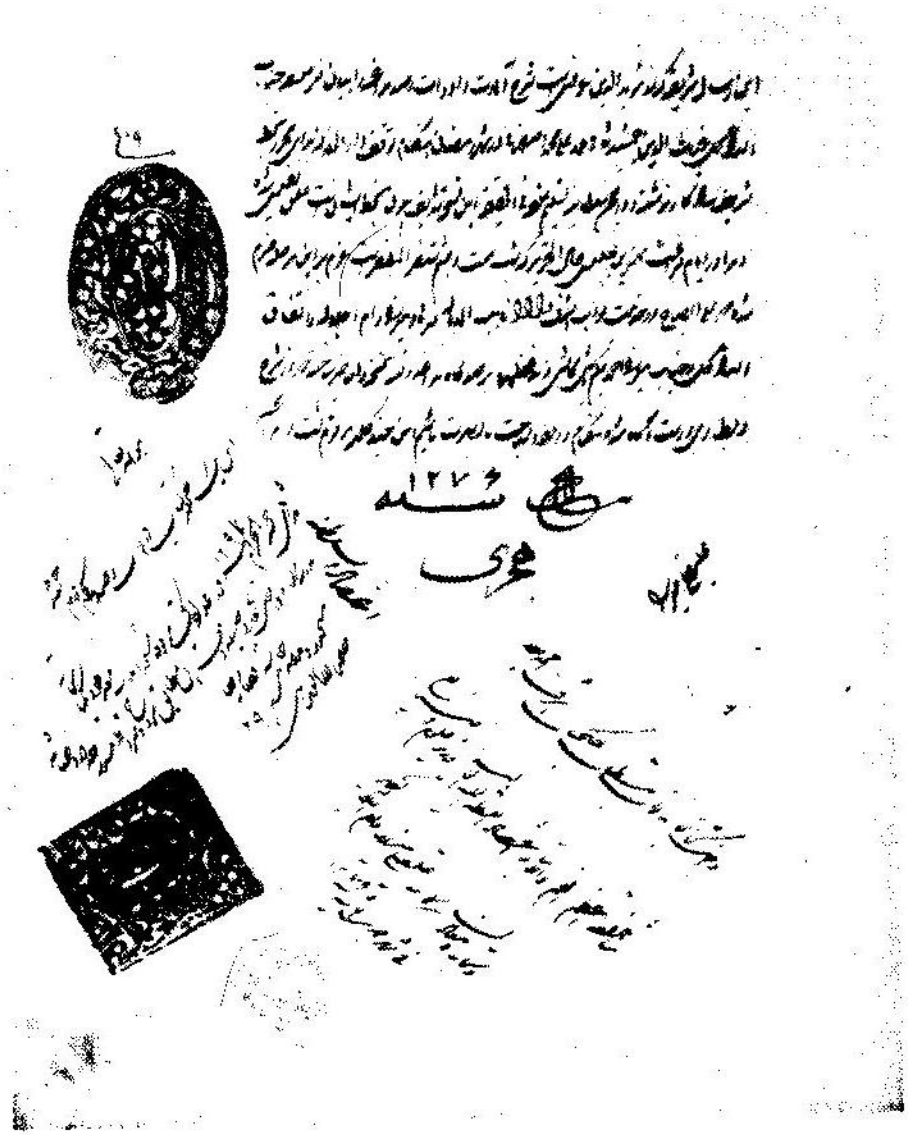
شکل ۲. مینیاتور مُذهب از چهره خواجه نصیر

متن دستخط علیقلی میرزا اعتضادالسلطنه دربارهٔ نسخهٔ این کتاب

این رسالهٔ شریفه که از مؤیدالدین عُرضی است شرح آلات و ادوات رصد مراغه را بیان فرموده جناب استاد اجل غیاث‌الدین جمشید ... ملا علی محمد اصفهانی در شهر رمضان هنگام توقف دارالخلافه برای محرر به خط شریف به یادگار نوشته و در چمن سلطانیه تسلیم نمود. فی‌الحقیقة این نسخهٔ شریفه چون به خط ایشان است ... نفیس شده و مرا در ایام فراغت بهترین جلیس حال‌التحریر که شب بیست و هشتم صفرالمظفر است عزم بر این مرحله جزم شده که علی‌الصباح در خدمت اشرف والانایب‌الدوله فرهاد میرزا دام‌اجلاله را به اتفاق استاد اجل جناب میرزا احمد حکیم باشی کاشی زید فضلهما به رصدگاه مراغه رفته نسخه را حاضر ساخته که از شرح و بسط وی درست آگاه شده و هنگام ورود و سیاحت با بصیرت باشیم این چند کلمه مرقوم گشت در مراغه، به تاریخ سنه ۱۲۷۶ هجری علیقلی میرزا ـ اعتضادالسلطنه

در زیر این ورقه آمده است: داخل کتابخانهٔ مستطاب عالیجناب اشرف امجدالدوله شاهزاده اعظم‌افخم والاتبار اعتضادالسلطنه ... وزیر علوم و صنایع و تجارت و معادن سرکار علیقلی میرزا دام اجلاله گردید.

فی‌شهر جمادی‌الثانی ۱۲۷۹



شکل ۳. تصویر خط و نامهٔ علیقلی میرزا اعتضادالسلطنه

سپاس به عنایت خداوندی و به امواج هستی‌بخش زندگی که از فضای دورادور بر ذره ذرهٔ سلولهای وجودم می‌دمد و مرا قدرت و نیرو می‌بخشد و به خدمت این سرزمین فرا می‌خواند.

سرآغاز وگذری از تاریخ

به نام خداوند جان و خرد — کزین برتر اندیشه برنگذرد
زنام و نشان وگمان برتر است — نگارندهٔ بر شده گوهر است
نیابد بدو نیز اندیشه راه — که او برتر از نام و از جایگاه
خداوند کیهان و گردون سپهر — فروزندهٔ ماه و ناهید و مهر

(فردوسی)

و ستایش ...

... خداوند بخشنده را — که موجود کرد از عدم بنده را
کرا قوت وصف احسان اوست — که او صاف مستغرق شأن اوست

(سعدی)

از آنجایی که عنایت خداوندی شامل این نویسنده شد که در موعدی معین و به مناسبتی این کتاب به زیور طبع مزین گردد، ناگزیر این سرآغاز را نوشتم که چگونگی به دست آوردن و تحصیل این کتاب ارزنده را بنویسم، باشد که متعلمان را به‌کار آید و خواننده را شوق و ذوق بیفزاید.

پس از آنکه در سالهای تحصیلی‌ام در کتابخانه‌ها و موزه‌های مختلف انگلستان، اسپانیا، فرانسه، ایتالیا، واتیکان در جستجوی کتب و آثار دانشمندان گذشتهٔ ایران بودم و اوقات خود را در آن فضاها می‌گذراندم و با سایر کتابخانه‌های مختلف دنیا از جمله کتابخانهٔ معروف ماتناداران[1] ارمنستان که متضمن گنجینه‌های بسیار ارزنده‌ای از آثار گذشتهٔ ایرانیان است، ارتباط و مکاتبه داشتم گاهگاهی اوراقی، هر چندکم، اما با محتوای اطلاعاتی بسیار زیاد که دربارهٔ آثار ایران و ایرانیان و دانشمندان گذشتهٔ ما بود به دستم می‌رسید. مرتباً از آنها نسخه‌برداری و استفاده می‌کردم. سپس به جستجوی منابع دیگری پرداختم تا آنکه در سال

1 Matenadaran Mashtotz Inst of Ancient Manscripts Council of Minsters Armenin

۱۳۳۲ به ایران بازگشتم و پس از مدتی کوتاه در معیت دانشمندان ستاره‌شناس معروف جهان امثال دکتر فرانسیس هایدن[1] و اسلت بک[2] استادان دانشگاه ژرژتاون[3] و پرفسور آلن هاینیک[4] استاد دانشگاه اوهایو[5] و نخستین جستجوگر و ارائه کنندهٔ نظریهٔ معروف یوفو[6] (اشیای پرندهٔ ناشناخته) و ورنان‌الزی[7] استاد دانشگاه کلمبوس و بخش تحقیقات دانشگاه سیراکیوز که همگی از دانشمندان برجستهٔ دانش فیزیک نجومی و ستاره‌شناسانی جهانی بوده‌اند در تیرماه سال ۱۳۳۳ برای ارصاد کامل خورشید گرفتگی در تپهٔ کفشگیری گرگان به ایران آمدند به عضویت در این گروه انتخاب شدم و با این گروه همکاری کردم[8] اینان شوق و ذوق و پیگیری دانش ستاره‌شناسی را در من به وجود آوردند. آنگاه علاقهٔ وافری برای دید و بازدید و مشاهدات آثار تاریخی و علمی ایران در وجودم پدیدار شد و مطالعات خود را به طور مستمر در سالهای متمادی ادامه دادم که خود انگیزه و علتی شد که از تاریخ نهم آذر ماه ۱۳۵۴ وقتی برنامه‌های دانش «نجوم و اخترشناسی در ایران» در تلویزیون به من پیشنهاد شد تعدادی از آنها را اجرا کنم[9] سپس کتاب «اسطرلاب» را تألیف کردم که از طرف وزارت علوم چاپ و منتشر شد. بعدها کتاب «نگارنامهٔ تاریخی دانشمندان ریاضی و نجوم ایران در دورهٔ اسلام» و «زندگینامهٔ ابوالحسن عبدالرحمان صوفی رازی» و زندگی علمی و کارهای مهم حدود پنجاه نفر از دانشمندان ریاضی و نجوم ایران در دورهٔ اسلام و چندین کتاب از جمله «سیر اختران در دیوان حافظ» و کتاب «فهرست اعلام کلیهٔ کتابهای ریاضی و نجومی و فیزیکی و مکانیکی دانشمندان ایران در دورهٔ اسلام در کتابخانه‌های جهان و غیره را چاپ و منتشر کردم. ضمناً هر ماه مقالاتی هم در بعضی از روزنامه‌های یومیه و مجلات و مخصوصاً در مجله «دانشمند» چاپ و منتشر می‌کردم[10].

1. Francis Heyden
2. Arne slettebak
3. Georgetown University
4. Allen Hynck
5. Ohio
6. U. F. O.
7. Vernon W. Elizey

۸. استادانی که ناظر بر این فعالیت بودند عبارت بودند از دکتر عباس ریاضی کرمانی، دکتر محمد قلی جوانشیر خویی، دکتر هوفر استادان دانشگاه تهران، سرتیپ حسینعلی رزم‌آرا رئیس سازمان جغرافیایی ارتش، سرهنگ معالی، سرهنگ دانشور از سازمان جغرافیایی، مهندس یزدانیانی، سروان سعیدی، مهندس گلکار، و مهندس رحمانی.

۹. استاد گرانقدر و کاوشگر پرتلاش دکتر پرویز ورجاوند در رهبری و اجرای این برنامه‌ها شرکت داشتند ر.ک. ص ۳، پیشگفتار کتاب، کاوش رصد خانهٔ مراغه از انتشارات امیرکبیر ۱۳۶۶.

۱۰. ر.ک. روزنامهٔ اطلاعات، مقاله «نام خواجه نصیر بر کرهٔ ماه» شمارهٔ ۱۴۵۸۲، بیست و سوم آذرماه ۱۳۵۳ و شمارهٔ ۷ ـ ۸ ـ ۹ ـ ۱۰ سال ۲۱ مهرماه ۱۳۶۲ مجلهٔ دانشمند.

از خداوند بزرگ توفیقی نصیبم شد تا میکرو فیلم کتاب منحصر به فرد «الحیّل» نوشتهٔ احمد بنوموسی‌بن‌شاکرخراسانی را در کتابخانهٔ واتیکان دیدم و از روی ترجمهٔ دکتر هیل[1] که آن را در انگلستان به دست آورده بودم کتاب علم میکانیک ۸۰۰ سال قبل ایران را به فارسی برگردانم. ماهها و روزها در کوهها و تپه‌های شهر ری و بی‌بی‌شهر بانو به دنبال رصد خانهٔ «سُدس فخری» که از ساخته‌های دانشمند بزرگ نجوم ایران خضر خجندی[2] است می‌گشتم که آن را برای فخرالدوله دیلمی حاکم ری و اصفهان که حدود سالهای ۳۷۰ هـ.ق. در شهر ری ساخته بود؛ متأسفانه هیچ اثری از آن نیافتم.

اگر به تاریخ نجوم ایران در عهد باستان و دورهٔ اسلام مراجعه کنیم بدون هیچ تعصّبی در می‌یابیم که سرزمین پهناور ما تا قرن دهم هجری رصد خانه‌هایی چون رصد خانه‌های زیر داشته است:

۱. رصدخانهٔ شماسیه (نزدیک بغداد) به سرپرستی یحیی‌ابن‌منصور معاصر مأمون در سدهٔ سوم
۲. رصدخانهٔ جبل قاسیون به سرپرستی محمدبن‌جابرخوافی و خالد مروزی
۳. رصدخانهٔ سامره به همت پسران موسی‌ابن شاکر خراسانی در سدهٔ سوم
۴. رصدخانهٔ نیشابور به سرپرستی محمدابن‌علی در سدهٔ پنجم
۵. رصدخانهٔ بلخ به همت سلیمان‌ابن عصمت سمرقندی در سدهٔ سوم
۶. رصدخانهٔ دینور به سرپرستی ابوحنیفه دینوری در سدهٔ سوم
۷. رصدخانهٔ شیراز به سرپرستی عبدالرحمان صوفی رازی در سدهٔ چهارم
۸. رصدخانهٔ بغداد به سرپرستی ابوالوفا بوزجانی خراسانی نیشابوری در سدهٔ سوم و چهارم
۹. رصدخانهٔ ری به سرپرستی ابومحمد خضرخجندی در سدهٔ چهارم
۱۰. رصدخانهٔ غزنین به سرپرستی ابوریحان بیرونی در قرن پنجم هجری

1. DONALD. R. Hill

۲. ابومحمد حامدابن خضرخجندی در حدود سال ۳۲۰ هـ.ق. در شهر خجند متولد شد و از علمای برجستهٔ ریاضی و هیئت و یکی از معروفترین دانشمندان عصر خود بود. با کارهایی که از خود به جای گذاشت نامش را در تاریخ ریاضیات و فرهنگنامه‌های علمی جهان ثبت کرد. در کار بسیار مهم در ریاضی و نجوم از او باقی مانده است. یکی اصول و طریقهٔ محاسبهٔ شکل مغنی و محاسبهٔ پارابن و دیگری ساختن حلقهٔ شامله است در رصد خانه‌ای به نام فخرالدوله است که آن را به نام «سدس فخری» کوههای طبرک، شهر ری به کار برده است. خجندی با این دستگاه در سال ۳۸۴ هـ.ق. به رصد می‌پرداخته است. ر.ک. ریاضیدانان نامی ایران ص ۱۶۵ و ۱۶۶ و مقدمهٔ کتاب التفهیم ابوریحان بیرونی به قلم استاد جلال همایی و کتاب نگارنامهٔ دانشمندان ریاضی و نجوم ایران در دورهٔ اسلام از نگارنده.

۱۱. رصدخانهٔ بغداد در قرن چهارم هجری به سرپرستی ابوسهل کوهی طبرستانی
۱۲. رصدخانهٔ اصفهان به مدیریت و راهنمایی ابن‌سینا در قرن پنجم
۱۳. رصدخانهٔ ملکشاهی در اصفهان به سرپرستی و مدیریت و تحت نظر خیام در قرن پنجم
۱۴. رصدخانهٔ مرو به سرپرستی عبدالرحمان خازنی و ابن‌سالار در قرن پنجم و ششم هجری
۱۵. رصدخانهٔ مراغه به سرپرستی خواجه نصیرالدین طوسی در قرن هفتم
۱۶. رصدخانهٔ شنب غازان[1] در تبریز در قرن هفتم هجری
۱۷. رصدخانهٔ یزد به مسئولیت خلیل ابن‌ابوبکر آملی در قرن هشتم
۱۸. رصدخانهٔ سمرقند به سرپرستی غیاث‌الدین جمشید کاشانی در قرن هشتم هجری
۱۹. رصدخانهٔ خوارزم که در بیست سال اخیر آثاری از آن به دست دانشمندان شوروی سابق کشف شده است.

با توجه به این همه مراکز علمی باید اذعان کرد که کشور ما در توسعه و اشاعهٔ علم نجوم در دنیا تا قرن هیجدهم میلادی صاحب افتخاری بس عظیم بوده است.

در سال ۱۳۳۹ که در تبریز و در کار ساختن راه‌آهن شبستر به تسوج مشغول کار بودم به دنبال جستجوگریهای خود که آرزوی احیای دورهٔ درخشان کشورم را داشتم فرصتی دست داد تا برای بازدید از رصدخانهٔ خواجه نصیرالدین طوسی به مراغه بروم. در لحظاتی که از تپهٔ مسطح و (هیچ به جاماندهٔ) محل رصدخانه بالا می‌رفتم ناگهان به یاد این شعر خاقانی افتادم که:

آری چه عجب داری کاندر چمن گیتی — جغد است پی‌بلبل، نوحه است پی‌الحان
ما بارگه دادیم این رفت ستم بر ما — بر قصر ستمکاران تا خود چه رسد خذلان
کسری و ترنج زر، پرویز و به زرین — بر باده شده یکسر با خاک شده یکسان

بعدها که پیگیری و بازدیدهای مسائل بازسازی رصدخانهٔ مراغه ادامه یافت و سمیناری که در سال ۱۳۵۳ در دانشگاه تبریز در این باره تشکیل شد، منجر به انتشار مقالاتی شد که در اعتلای این اثر تاریخی پرارزش مرتباً نگاشتم. مخصوصاً همت و زحمات و کاوش و پیگیری بی‌وقفه و فداکارانهٔ طرحهای آقای دکتر پرویز ورجاوند استاد گرانقدر دانشگاه که افتخار آشنایی با ایشان را پیدا کرده بودم مرا به شوق و ذوق انداخت. آرزو داشتم که در

۱. شنب غازان رصدخانه‌ای است که به دستور محمود غازان خان (۶۹۵ ـ ۷۰۳) که بعد از خدابنده الجایتو حاکم سلطانیه به حکومت رسیده بود و از ایلخانیان مغول بود در تبریز ساخته شد.

برپایی احیای رصدخانه‌ای که خود روزی مادر رصدخانهٔ تیکوبراهه در شهر «اورانین‌برگ» هلند، رصدخانهٔ الغ‌بیگ در شهر «سمرقند» تاجیکستان[1]، رصدخانهٔ پکن در چین، رصدخانهٔ استانبول که به فرمان سلطان مراد سوم در سال ۹۸۳ هـ ق. ساخته شد و رصدخانهٔ قرن دوازدهم هند که در عهد محمد شاه هندی و میرزا خیراله و شیخ عابد مهندس در سال ۱۱۳۱ هـق. بود سهمی داشته باشم. با توجه به این مطلب جالب دکتر ابواحمد محمد عبدالسلام دانشمند معروف پاکستانی و برندهٔ جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۷۹ که دربارهٔ رصدخانهٔ دهلی می‌نویسد «با وجود به کار گرفتن عناصری از نجوم هند اساساً رصدخانه سازی در هند مطابق سنت اسلامی به وجود آمده ستی که رصدخانه‌های بزرگ مراغه و سمرقند و استانبول جلوه‌های بارز آنند[2]» می‌بینیم که به حق می‌توانیم خود را سرقافله‌دار رصدخانه‌های دنیا بدانیم.

سال ۱۳۴۲ بود که در اصفهان با آقای «یرواند نهاپتیان» هنرمند با ارزش و نقاش چیره دست و با ذوق اصفهان که کارهای نقاشی آبرنگ ایشان در سطح جهانی می‌درخشند و عتیقه‌شناسی خبره و کارشناس سکه‌های قدیمی ایران بودند آشنا شدم. ایشان مرا با «پروفسور بروین[3]» استاد دانشگاه بیروت که دستور ساختن اسطرلابی دقیق و صحیح را به یک هنرمند اصفهانی سفارش داده بود آشنا کردند. این آشنایی بدانجا رسید که ایشان کتاب حاضر را که نتیجهٔ مطالعات و تحقیقات استادانهٔ این دانشمند بزرگ و پژوهشگر و جستجوگر با ارزش آثار نجومی اسلامی بود به بنده عطا فرمودند که در حقیقت کامل کنندهٔ مطالعات دانشمندانی امثال ل. م. سدیلو[4] و آی، اچ، ژی، سی‌مان[5] ژوردیان[6]، و دبلیو، هینز[7] بود.

امروزه که این کتاب ترجمه و تألیف و تدوین می‌شود او رخت از این جهان بربسته و به دنیای دیگر پیوسته ـ خدایش بیامرزد. از آنجایی که خود را مدیون کشورم می‌دانم، افتخاری بس عظیم و ارزشمند نصیبم شد که پس از چهل سال کندوکاو و فعالیت در جهات مختلف امروزه این کتاب را ترجمه و تقدیم عزیزان و عاشقان این آب و خاک کنم زیرا:

۱. در آوریل سال ۱۹۹۱ طرح بازسازی منطقهٔ تاریخی سمرقند و رصدخانهٔ الغ‌بیگ از طرف بنیاد فرهنگی آقاخان رهبر اسماعیلیه به مسابقهٔ جهانی گذاشته شد که افتخاری نصیبم گردید که در جزء بسیار کوچکی از این طرح شرکت کنم.
۲. ر. ک. مجلهٔ پیام یونسکو، آبان و آذر ۱۳۶۰.
3. Frans Bruin
4. L M Sedillot
5. I H J Seemann
6. Jourdian
7. W Hinz

اِخوان که ز ره آیند آرنـد، ره آوردی این قطعه ره‌آورد است از بهر دل اِخوان،

اکنون که سازمان میراث فرهنگی به همت والای همهٔ دست‌اندرکاران در اعتلای نام و فرهنگ و ادب و هنر و علم و میراث ایران[1] می‌کوشد و با تحمل زحمات طاقت‌فرسا به زنده کردن این آثار جامهٔ عمل می‌پوشاند افتخار می‌کنم که مرا به این خدمت فرا خوانده است، در حقیقت آرزویم را برآورده است و منتی بر من نهاده است. در پی این کار آرزومندم روزی همهٔ رصدخانه‌های کشورمان که سالهای سال مردان دانشمند و محقق و عارف کشورمان شب و روز در آنها به ارصاد ستارگان می‌پرداختند و در گوشه و کنار آن بیتوته می‌کردند و در زیر نور شمع و فانوس اوراقی می‌نوشتند و آثاری از خود به جای می‌گذاشتند و بذر دانش را برای فرزندان این آب و خاک می‌کاشتند، از دل خاک بیرون آیند و به یادبود آنان تندیسشان برپا گردد و فرهنگ از یاد رفته‌مان دوباره به اعتلای خود برسد.

قابل توجه است که این کتاب شامل پژوهشهای بسیار ارزنده‌ای است که پروفسور بروین ضمن تکمیل تحقیقات خود آنها را به ترتیب نام‌گذاری و شماره گذاری کرده است و شامل:

نشریهٔ پژوهشی شمارهٔ ۹ دربارهٔ الغ‌بیک و رصدخانهٔ سمرقند.

نشریهٔ پژوهشی شمارهٔ ۱۰ دربارهٔ کتاب آلات و ابزار رصدخانهٔ مؤیدالدین عُرضی

نشریهٔ پژوهشی شمارهٔ ۱۱ دربارهٔ البطانی و آلات رصد

نشریهٔ پژوهشی شمارهٔ ۱۲ دربارهٔ اسطرلاب نجومی و طریقهٔ ساخت و استفادهٔ آن

نشریهٔ پژوهشی شمارهٔ ۱۳ دربارهٔ زندگینامه و کارهای خواجه نصیرالدین طوسی

عناوین دقیق فصلهای این پژوهشها در فهرست اول کتاب آورده شده است، اما چون ترجمه و تدوین کتاب آلات و ابزار رصدخانهٔ مؤیدالدین عُرضی از اهمیت خاصی برخوردار و مورد نظر بوده از این لحاظ زندگینامهٔ خواجه نصیرالدین در اول کتاب آورده شده در عوض «فصل اسطرلاب» و ساخت آن به آخر کتاب منتقل شده است.

آنچه در این مقدمه قابل ذکر است، این است که ترجمهٔ انگلیسی از عربی این کتاب برای حفظ امانت تحت‌اللفظی ترجمه شده و مترجم انگلیسی از عربی سعی کرده اصالت جملات را نه تنها حفظ کند، بلکه اصالت معانی فنی لغات را هم تا حد امکان مراعات کند و حتی برای

۱. در اینجا باید از زحمات آقایان محمود صادقیان، دکتر پرویز ورجاوند، مهندس اشتری، دکتر موحد اردبیلی، دکتر کلافی، دکتر عجب شیرزاده، دکتر سیف‌اللو، و غیره که در بازسازی این اثر بسیار ارزنده و تاریخی کشورمان قدم برداشته و همت گماشته‌اند قدردانی کنم.

تفهیم کارهای انجام شده و توجه سازندگان شرح ساخت ابزار آلات را با جملات و طرق مختلف تکرار کرده است.

پروفسور بروین با مراجعه به سایر منابع سعی کرده است مفهوم را برساند و اسامی صفحات منابع را در پرانتز آورده است.

از آنجایی که هدف از ترجمهٔ این کتاب این است که ساختن ابزار آلات مذکور و مشروحه امکان‌پذیر باشد و جملات مفهوم واقع گردند، ناچار ترجمهٔ فارسی آن به ترتیبی صورت گرفته که هم حالت نوشتهٔ مؤیدالدین عُرضی محفوظ بماند و هم ترجمهٔ پروفسور بروین.

از همه مهمتر آنکه ترجمه‌ها به ترتیبی است که با اضافه کردن کلمات و جملاتی مفهوم واقعی و طرز ساخت ابزار آلات میسر و مقدور باشد تا در ساختن آنها قدمی برداشته شود.

با شکر و سپاس از خداوند که به همهٔ ما توفیق عنایت فرماید.

سرفراز غزنی

اسفند ۱۳۷۵

مقدمهٔ مترجم[1]

سعدی علیه‌الرحمه می‌فرماید:

برد هر کسی‌بار در خورد زور　　گران است پای ملخ پیش مور
قباگر حریر است وگر پرنیان　　به ناچار خشوش بود در میان
ننازم به سرمایهٔ فضل خویش　　به در یوزه آورده‌ام دست پیش
توگر پرنیانی نیابی مَجوش　　کرم کارفرما و عیبش بپوش

نویسندهٔ این کتاب پروفسور فرانس[2] بروین استاد دانشگاه بیروت است که اطلاعات خود را از نوشتهٔ منحصر به فرد مولا نامؤیدالدین عُرضی دمشقی که سازنده و برپاکنندهٔ رصدخانهٔ مراغه بوده گرفته است. مؤیدالدین عُرضی‌بن‌برمک یا بربک‌بن مبارک از اهل قریهٔ عُرض در دمشق است و از مهندسان و ریاضیدانان و منجمان و علمای زمان و از جمله دستیاران خواجه نصیرالدین طوسی بوده که در ساختن ابزار آلات رصدخانهٔ مراغه با او همکاری می‌کرده و خود در ساختن و برپایی رصدخانه شرکت داشته است. او در سال ۶۵۰ هـق. برای ملک منصور در شهر حَمص رصدخانهٔ بسیار ساده‌ای در حضور نجم‌الدین لبودی که به نام وزیر مشهور بوده ساخت، سپس در حدود سال ۶۵۷ هـق. به ایران آمد و در شهر مراغه با خواجه

---

۱. این مقدمه و شرح حال از طرف مترجم فعلی اضافه شده است.

2. Frans Bruin

نصیرالدین طوسی آشنا شد و شروع به کار کرد. یک نسخه از کتاب «شرح آلات رصد مراغه» که از او باقی مانده است در کتابخانهٔ شهید مطهری (سپهسالار) و نسخه دیگری در کتابخانهٔ مجلس شورای اسلامی به شمارهٔ ۵۳۹۵ و نسخهٔ سوم در کتابخانهٔ آستان قدس رضوی نگهداری می‌شود. از این مرد دانشمند رساله‌ای به نام «اتمام برهان شکل چهارم از مقالهٔ نهم کتاب مجسطی»* نسخهٔ خطی و صحیح آلات رصد به مراغه یک بار در سال ۱۴۶۳ میلادی و

*. (تحریر مجسطی ALMAGESTE تألیف بطلمیوس است) که صاحب کشف‌الظنون کلمهٔ مجِسطی را به کسر میم و جیم و تخفیف یا ضبط کرده گوید: مجسطی کلمه‌ای است یونانی به معنی ترتیب و اصل آن ماجستوس می‌باشد که آن نیز لفظ یونانی و مذکر ماجستی است که به معنی بنای بزرگ باشد. ابوریحان در کتب قانون مسعودی گوید: مجِسطی: سینطاسیس (Scientices) است. وسینطاسیس «فکر و ترتیب مقدمات» می‌باشد.

مؤلف مجِسطی بطلمیوس قلوذی است و در کلمهٔ قلوذی گفته‌اند: مترجمی که ابتدابه نقل این کتاب از یونانی به عربی پرداخت کلمهٔ (قلودیوس claudius) یا کلاویوس را القلودی نوشت. بعد این کلمه به واسطهٔ نساخ به «القلوذی» تبدیل و هم بدین صورت شهرت یافت. بعضی قلاودی گفته‌اند: این نسبتی است که به نام وی گذارده شده چنانکه عادت ایشان است. اما قلوذی اسم شهری است که بطلمیوس در آنجا متولد شده است در کشف‌الحجب والاستار مسطور است که: این همان شهر دمیاط است که از شهرهای مشهور مصر است و در کتب جغرافیا ذکر آن شده است و بطلمیوس از قلوز برای تحصیل به اسکندریه آمده پس از تحصیل علوم ریاضی رصدی، رصدخانه‌ای را در آنجا بنا کرده است، از این جهت او را قلوزی گویند. گاهی هم او را نسبت به اسکندریه داده و «آرشیدرینی» یا (ارکیدرینی) یعنی اسکندرانی گویند. در این کتاب از اوضاع و احوال افلاک و حرکات هر یک از سیارات و همچنین وضع کرهٔ خاک با دلایل ریاضی بحث شده و مجسطی بهترین کتابی است که در فن هیئت تصنیف گردیده و گفته‌اند اوّل کسی که به تعریف و تفسیر این کتاب توجه کرد و طالب آن شد یحیی‌بن‌خالد بود که جمعی را بدین کار واداشت اسحق‌بن‌حنین به تعریب آن پرداخت. در زمان حجاج‌بن یوسف و ثابت‌بن قرّة آن را اصلاح و تجرید نموده و برای بار دیگر ثابت‌بن قرة آن را از اصل یونانی به عربی نقل کرد. دربارهٔ نسخه ثابت گفته‌اند: اگر اصلاح و تعریب ثابت نبود این کتاب ترجمهٔ نافعی نداشت. قاضی‌زادهٔ رومی در حواشیی که بر شرح مجسطی نظام نیشابوری نگاشته گوید: از کتاب مجسطی سه نسخه مشهور است:

اوّل نقل حجاج. دوّم نقل اسحق که ثابت‌بن‌قرّه آن را اصلاح کرده و سوم تعریب خود ثابت. نسخ مجسطی در عدهٔ مقالات و عدد اشکال با یکدیگر متفاوت است و نیز فصول آن در نسخهٔ حجاج به انواع و در نسخهٔ ثابت به ابواب نامیده شده است. بر میزده مقاله مرتب می‌باشد و در آن بنا بر نسخهٔ اسحاق‌بن‌حنین که ثابت بن قرّه آن را اصلاح کرده یکصدو چهل و یک فصل و یکصدو نودو شش شکل است.

خواجه طوسی این کتاب را برای حسام‌الدین وسیف‌الناظرین حسن‌بن‌محمدبن میواسی تحریر کرده است. تحریر خواجه هم مشتمل بر سیزده مقاله و چند فصل و ۱۹۶ شکل است. اوّل آن «احمدالله مبداء وغایة کل غایة» و آخر آن «وقع‌الفراغ من تسخه فی خامس شوال سنة اربع و اربعین و ستمائه».

نسخ تحریر مجسطی فراوان است و در بیشتر کتابخانهای عمومی و خصوصی موجود می‌باشد و نسخه‌ای از آن که به خط خواجه علیه‌الرحمه در جمله موقوفات مرحوم شیخ عبدالحسین طهرانی بوده به اروپا برده شده است (الذریعه، ج ۳، ص ۲۹۰) نسخهٔ دیگری در زمان مصنف و به خط ابن‌البواب بغدادی نوشته شده که اکنون در کتابخانهٔ مدرسه سپهسالار ضبط و در آخر این نسخه نوشته شده است: «کتبه احمدبن‌علی‌بن محمدالمعروف بابن‌البواب‌البغدادی فی‌لیلة‌الخمیس‌التاسع و العشرین ذی‌الحجة سنة‌اثنین وستین و ستمائه للهجرة‌النبویه بالمراغة‌المحروسه نقلامن خط‌المصنف ادام‌الله تعالی ایامه و کان تاریخ فراغة عنها خامس شوال سنة ۶۶۴».

کتاب مجسطی پیش از تحریر خواجهٔ طوسی توسط چند نفر از دانشمندان مختصر شده و اوّل کسی که به اختصار آن پرداخته محمدبن‌جابرالبتانی بوده است. بعد از او نیز ابوریحان بیرونی و ابوعلی سینا و ابوعبدالله‌محمدبن احمدالسعیدالخوارزمی به اختصار آن پرداخته‌اند. از مختصر ابوعلی و خوارزمی هر یک نسخه‌ای در کتابخانهٔ آستان قدس رضوی موجود می‌باشد. تاریخ تحریر نسخهٔ خوارزمی (۱۰۲۱) است. و پس از تحریر خواجه ابوعلی غیاث‌الدین محمدبن منصور حسینی آن را اختصار و به اسم «تکملة‌المجسطی» نامیده است.

این اختصار به این عبارت آغاز می‌شود: «افتح آله بعدالانوار و مظهر بدایع الاسرار» و نسخهٔ آن در کتابخانه آستان قدس رضوی موجود است (ر. ک. احوال و آثار خواجه نصیرالدین از مدرس رضوی نشریه ۲۸۲ دانشگاه تهران).

یک بار در سال ۱۵۹۲ نسخه‌برداری و رونویسی شده که این نسخه به شمارهٔ ۱۱۵۷ در فهرست نسخه‌های کتابهای خطی کتابخانهٔ ملّی پاریس نگهداری می‌شود.

خواجه نصیرالدین طوسی مردی بود که نظیر او را برای هیچیک از علوم در عصر تمدن درخشان والای ایران و اسلام نمی‌توان یافت. به خواجه نصیر لقب استاد انسانها داده‌اند و در دانش نجوم و ستاره‌شناسی به او راهنمای دوّم گفته‌اند.

اطلاعاتی دربارهٔ کتاب اصلی مؤیدالدین عُرضی از فرانس بروین*

نویسندهٔ اصلی این کتاب به یقین مشخص نشده که چه کسی بوده زیرا در صفحات پایانی کتاب نامی از خود به جای نگذاشته است، ولی به نظر می‌رسد که از آثار و نوشته‌های مؤیدالدین عُرضی دمشقی باشد که در واقع سر مهندس و سازندهٔ رصدخانهٔ بوده و رصدخانهٔ مراغه زیرنظر و به دستور او ساخته می‌شده است.

رصدخانهٔ نجومی مراغه در حدود سالهای ۱۲۶۰ میلادی (۶۳۸ هـ ش.) در عهد هلاکو حکمران مغول و تحت نظارت و رهبری دانشمند مشهور ایرانی خواجه نصیرالدین طوسی بنا شده است. نسخهٔ خطی کتاب یک بار در سال ۱۴۶۳ میلادی (۸۴۱ هـ ش.) در حدود ۲۰۳ سال بعد رونویسی شده است دومین استنساخ در سال ۱۵۹۲ (۹۷۰ هـ ش.) یعنی ۳۳۲ سال بعد از اولین نوشتهٔ کتاب صورت گرفته که تنها نسخهٔ موجود و باقی مانده است که در کتابخانهٔ ملّی پاریس به شمارهٔ ۱۱۵۷ در ردیف گنجینه‌های کتابها نگهداری می‌شود و این نسخهٔ عربی تا این تاریخ (۱۹۶۷) ترجمه، چاپ، یا تکثیر نشده است.

(جردن)[1] در سال ۱۸۰۹ میلادی خلاصه‌ای از کتاب مذکور را ترجمه کرد و در سال ۱۸۴۴ (اِل.آ.سدیو)[2] مقاله‌ای دربارهٔ شرح بعضی از آلات و ابزارهایی که در کتاب مذکور آورده شده بود منتشر کرد. در سال ۱۹۲۸ سی‌مان[3] با ادامهٔ کار و پژوهشهای هینز[4] و وایدمان[5] ترجمه‌ای از نسخهٔ خطی را به زبان آلمانی منتشر کرد و آن را با تفسیر و تشریحهایی همراه کرد. دقّت این ترجمه به حدی است که چنانچه با متن عربی آن مقایسه شود ملاحظه می‌شود که به طور کلی مطالب آن تقریباً با دقّت ترجمه شده و توضیح داده شده است و مفهومتر از ترجمهٔ فرانسوی آن است. به هر ترتیب همان طوری‌که سی‌مان در مطالب کتابش

*. این مقدمه از «فرانس بروین» است.

۱. توضیح شماره پانوشت‌ها به صفحه ۳۹ برده شده‌است.

آورده از بخشها و قسمتهایی که تکراری یا به‌طور کلی غیرضروری بوده و شرح و بسط مفصل و نامفهوم داشته صرف نظر کرده است. در ترجمهٔ فرانسوی کتاب جمله‌ها و پاراگرافها پس و پیش شده و ترجمه کاملاً آزاد صورت گرفته است که از نظر مترجم برای بهتر شدن مفاهیم کتاب لازم و ضروری بوده است.

در ترجمهٔ جدید که به زبان انگلیسی صورت گرفته (کتاب فعلی که بروین ترجمه کرده است) از تمامی این مسائل و اظهارنظرها تا سرحد امکان خودداری شده و در مواردی هم در جاهای مناسب و موقعیتهای خاصی از آنها استفاده شده است و جملاتی که در ترجمهٔ سی‌مان با ابهام توضیح داده شده بودند تصحیح شده‌اند.

خوشبختانه همزمان با تهیه و تدوین این ترجمه نسخهٔ، اصل عربی کتاب هم چاپ و منتشر شد که خواننده می‌تواند خود به بررسی و مقابلهٔ مطالب آنها با یکدیگر بپرازد.

هدف این ترجمه این بوده که خواننده با توجه به مطالب کتابهای ترجمه شده به زبانهای آلمانی و فرانسوی متوجه شود که اشتباهات و نارساییها به حداقل رسیده و فقط در موارد اضطراری توضیح مختصری داده شده است و برای آنکه این مطالب با متن اصلی اشتباه نشود آنها در پرانتز آورده شده‌اند.

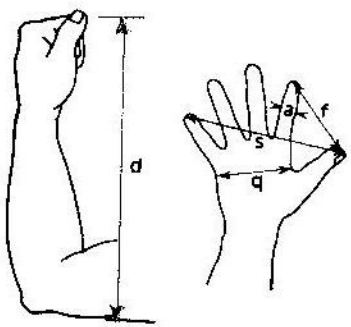
از نقطه نظرهای علمی و فنی و ارزش واقعی این کتاب باید اعتراف کرد که متن کتاب مؤیدالدین عُرضی سند بسیار باارزش و بینظیری است. زیرا اولاً روال و سبک نویسندگی در شرح کار و جزئیات ابزار آلات به سبک کلاسیک تهیه شده است و این خود اهمیت درک آن را بهتر و راحت‌تر توجیه می‌کند با تشریح و توصیف کافی و دقیق تمام ابزارهای رصدخانهٔ نجومی خواجه نصیرالدین طوسی و ارتباط آنها با یکدیگر باید اعتراف کرد که این کتاب اندیشه و تصویر روشنی از موقعیت هنر و ارتباط آن باکارهای علمی را در سه قرن قبل از «تیکو ـ براهه» به خوبی نشان می‌دهد.

ثانیاً انواع راههایی که با استفاده از آنها مطالعات و مشاهدات نجومی انجام می‌شده، که هنوز پس از گذشت قرنها خیلی کم از اطلاعات و اهداف آنها شرح و بسط داده شده و از چگونگی کاربرد آنها اطلاع چندانی در دست نیست، در کتاب اصلی دقیقاً شرح داده شده است. تشریح و توصیف ابزارها و لوازم رصدخانهٔ مراغه که دربارهٔ آنها بحث شده نمایانگر سند معتبر علمی است، چون از مقایسهٔ این ابزار با ابزار و وسایل باستانی یونان، که در آن

روزگار در همه جاگسترده بود، در می‌یابیم که این ابزار نوتر و باارزش‌تر و مفیدتر و کاربردی‌تر از بیشتر ابزارهای ساخته و اختراع شدهٔ یونان‌اند. اندازه‌ها و مقیاسهایی که در کتاب اصلی از آنها نام برده شده است تقسیمات امروزه به صورت $\frac{1}{10}$ و $\frac{1}{100}$ و $\frac{1}{1000}$ متر و یا واحدهای دیگر نیستند، بلکه عبارتند از انگشت دست، انگشت سبابه (نشانه)، انگشت کوچک، شست، کف دست، و ساعد. چون همهٔ واحدها در دست و کف دست هستند لزومی ندارد که شمارهٔ ترتیب داشته باشند و تشابه و نسبتی بین هیچیک از آنها وجود ندارد. جدول زیر ابعاد و مقیاسها را با شکل توضیح می‌دهد.

مقدار	نام	علامت	سانتی‌متر
پهنای انگشت	اصبع	الف	۲
کف دست	قبضه	ب	۸
فاصلهٔ شست تا انگشت اشاره	فِطر	ج	۱۸
وجب	شبیر	د	۲۴
طول ساعد تا اول استخوان انگشت	ساعد ـ ذراع	ه	۴۸

۲ سانتی‌متر ـ asba - finger (width) اصبع
۸ سانتی‌متر ـ quabda - palm قبضه
۱۸ سانتی‌متر ـ fitr - fitr فِطر
۲۴ سانتی‌متر ـ shibr - span شبیر
۴۸ = dhra - forearm, cubit ذرع یا ذراع
۶۴ سانتی‌متر = ذرع هاشمی ـ گز



شکل ۶. مقیاس دست در بکار بردن ابعاد

علاوه بر مقیاسهای بالا؛ روابط زیر هم به‌کار برده می‌شده که مقیاسی برای عمل‌کارهای آنها بوده است (همهٔ آنها تقریبی است و برای آنکه سازندگان در ساختن ابزارها دچار اشتباه نشوند مقیاسی را از چوب یا فلز می‌ساختند)*.

* آنچه در پرانتز آمده توضیح مترجم است.

یک ذراع مساوی با ۲ وجب و برابر با $2\frac{2}{3}$ فطر بوده یا ۶ کف دست مساوی با ۲۴ انگشت بوده که با مقیاس سانتی‌متری امروزی برابر ۴۸ سانتی‌متر (حدود نیم‌متر)[1] می‌شود. در این باره مقیاسهای اضعاف و اجزاء با هم برابری ندارند، چنانچه یک ذراع را برابر با ۴۸ سانتی‌متر بگیریم جدول مقیاس را می‌توانیم به این ترتیب اصطلاح کنیم.

در ازای هر ذرع، که در فارسی هم ذرع خوانده می‌شود، در هر محل و در هر زمان و بسته به موارد استفادهٔ آن اندازه‌ها متغیر بوده است. نجّارها، نقشه‌بردارها، خیاطان و معماران ذرعهای گوناگونی داشته‌اند. به نظر می‌رسد مقدار متوسط آن نزدیک به ۵۰ سانتی‌متر بوده باشد. در علم اخترشناسی مقدار طولی به نام ذرع کهگاهی مورد استفاده قرار می‌گرفته که برابر با ذرع هاشمی بوده که در فارسی «گز» نامیده می‌شده است و برابر با ۸ کف دست یا شصت و چهار سانتی‌متر بوده است. مقدار طول دیگری به نام گزشاهی بوده که ۱۲ کف دست یا نودوشش سانتی‌متر بوده که نزدیک به یک یارد انگلیسی است. گز مدرن ۱۰۴ سانتی‌متر است. برای بند بالایی شست ۲/۵ سانتی‌متر، برای انگشت کوچک ۱/۶ سانتی‌متر انتخاب شده و جزئیات بیشتر مقیاسهای اسلامی را می‌توان در مرجع شمارهٔ ۴ مطالعه کرد. برای مقایسه و مقابلهٔ سادهٔ با اصل عربی کتاب با متن ترجمه شده F از کلمهٔ Folio که نمایانگر شمارهٔ صفحهٔ کتاب اصلی است و حروف R از کلمهٔ Recto به‌معنی پشت صفحه و حرف V از کلمهٔ Verso یعنی هر صفحه در دست چپ کتاب اصلی به‌کار رفته است. ابتدای هر صفحه از ترجمهٔ آلمانی شمارهٔ صفحه‌بعداز حرف S (از Seemann) نوشته‌شده‌است. ضمناً به این نکته اشاره می‌شودکه در نسخ خطی و اصلی تصویرها غالباً در پایان اصل قرار گرفته است که طی نسخه‌برداری متعددی اغلب آنها از بین رفته یا تغییر شکل داده‌اند که غیر قابل استفاده هستند.

اعتراف می‌کنم که ترجمهٔ این کتاب آن هم به صورت کنونی‌اش بدون مراجعه به کار اولیهٔ «سی‌مان» و مراجعه به ترجمهٔ عالمانهٔ عبدالرحین[2] از عربی امکان‌پذیر نبود.

مؤلف از صمیم قلب از مسئولان کتابخانهٔ ملی پاریس برای در اختیار گذاشتن نسخهٔ خطی و از خوشرویی و کمک همه جانبهٔ آنها تشکر می‌کند.

فرانس بروین

۱. در بعضی مقیاسها بند میانی انگشت اشاره تقریباً برابر با ۲/۵ سانتی‌متر و هر قدم برابر با ۳۰ سانتی‌متر بوده به احتمال مقیاسهای سیستم انگلیسی یعنی اینچ و فوت از این سیستم گرفته شده که در ساختن و خواندن اسطرلابها (ظل اصابع و ظل اقدام) آمده است (س. غ).

۲. نام اصلی این مترجم عبدالرحیم جوانی است (س. غ).

منابع و مأخذ مقدمه

1. Jourdain, Am. L. M. M. B. Mémoire sur les Instruments employés a l'observatoire de Méragheh. magazin encyclopédique au Journal des sciences, des Lettres et des Arts Vol. 6 (1809) 43 - 101.

2. L. Am sédillot, Mémoires présentés par divers Savants à l'Académie Royale des Inscriptions et Belles Lettres (1), Volume 1 , Paris 1944 PP. 194 - 201.

3. H. J. Scemann, Die Instrumente der Sternwarte zu Maragha nach Mitteilungen von al - 'Urdi, Sitzungsber. der phys. - Med., Sozietät zu Erlangen Vol. 60 (1928) 15 - 126.

4. W. Hinz, Islamische Masse und Gewichte. Handbuch der Orientalistik, Ergänzungsband I, Heft 1. Brill Leiden 1955.

5. E. WIEDEMANN. Uber den Sextant des al - Chogendi (سدس خجندی) (Archir Fur Geschichte der Natur Wissen Schafften), Vol. 2. 1969. PP. 148 - 151.

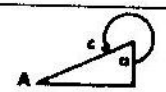
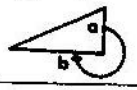
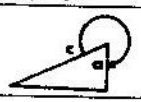
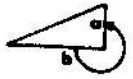
علائم اختصاری

در متن این کتاب مواقع لزوم برای جلوگیری از تکرار نامها، حروف اختصاری به کار رفته است.

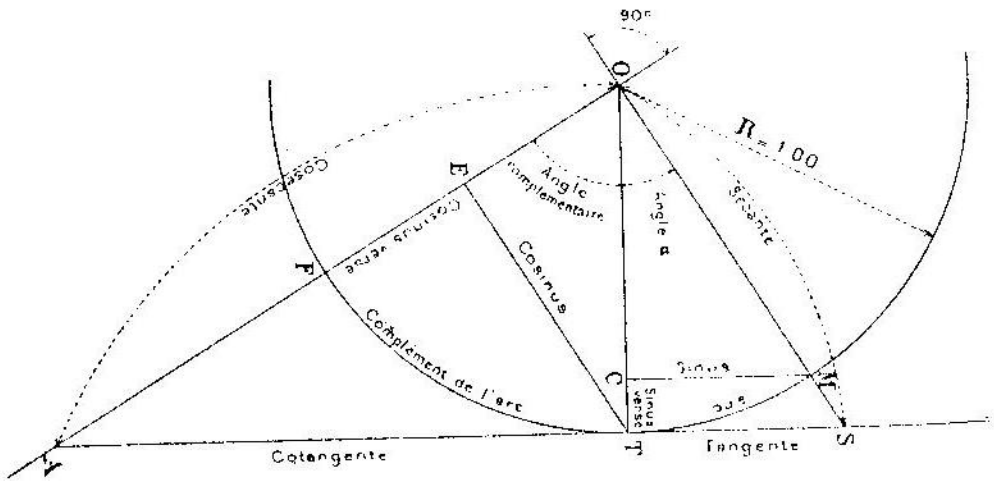
۱. (ف. ب) برای Frans Bruin
۲. (اف) برای شمارهٔ صفحهٔ کتاب اصلی عربی Folio
۳. (آر) برای شمارهٔ پشت همان صفحهٔ کتاب اصلی Recto
۴. (وی) برای صفحهٔ دست چپ کتاب اصلی Verso
۵. (اس) یا (س) برای Seemann
۶. (سد) برای Sedillot
۷. (سای) برای Sayilli
۸. (کن) برای Kennedy
۹. (س.غ) قسمتی که مترجم فارسی کتاب اضافه کرده و در پرانتز آمده است.
۱۰. اگر جمله‌ای در پرانتز است و مخفف ندارد برای جمله‌ای است که دکتر «فرانس بروین» خود توضیحی در آن باره داده است.

روابط مثلثاتی در دانش نجوم و ریاضی ایران در دورهٔ اسلام

چون هدف از ترجمه و تدوین و تألیف این کتاب این است که علاوه بر ساختن دستگاهها، طرز استفاده و به‌کار بردن ابزار دستگاههای ساخته شده هم در نظر گرفته شود، از این لحاظ روابط مثلثاتی را که مهمترین پایهٔ محاسبات کارهای نجومی و ارصاد است برای استفادهٔ علاقه‌مندان و صاحب‌نظران و سازندگان در اینجا می‌آوریم تا در صورت نیاز به‌کار گرفته شوند. سابقهٔ به‌کار بردن روابط مثلثاتی در دوران اسلام در بین دانشمندان ریاضی و نجومی ما بسیار است که این نشانه‌ای از وسعت و عظمت اطلاعات علمی کشورمان است حتی در بعضی موارد دانشمندان ما خود کاشف بعضی از این روابط بوده‌اند.

شکل	نسبت	نام	رابطه	نام روابط
	$\frac{a}{c}$	Sin A	سینوس T	جیب ـ جیب‌المعکوس
	$\frac{b}{c}$	cos A	کوسینوس T	جیب‌التمام جیب‌المبسوط
	$\frac{a}{b}$	tag A	تانژانت T	ظل ـ ظل‌قائم ـ منتصب
	$\frac{c}{b}$	sect A	سکانت T	معکوس ظل‌معکوس قاطع
	$\frac{c}{a}$	cosec A	کوسکانت T	قاطع التمام
	$\frac{b}{a}$	cot. A	کوتانژانت T	ظل‌التمام ظل ثانی بسوط ظل‌المستوی و مستوی

شکل ۷. جدول روابط مثلثاتی در دانش نجوم و ریاضی ایران در دورهٔ اسلام



$$\left.\begin{aligned} \sin\alpha &= MC \\ \text{tg}\,\alpha &= ST \\ \text{séc}\,\alpha &= OS \\ \sin\text{ verse}\,\alpha &= CT \\ \cos\alpha &= TE \\ \text{cotg}\,\alpha &= AT \\ \text{cosséc}\,\alpha &= OA \\ \cos\text{ verse}\,\alpha &= EF \end{aligned}\right\} \text{ sous la condition } R = OT = 1{,}00.$$

شکل ۸. روابط مثلثاتی در بکار بردن مسائل ریاضی و هندسی و نجومی

فصل اوّل

بخش یک ـ زندگینامهٔ خواجه نصیرالدین طوسی[1]

محمدبن محمدبن‌الحسن‌الطوسی معروف به ابوجعفر که به نصیرالدین یا خواجهٔ طوس معروف است نزدیک طلوع آفتاب روز شنبه یازدهم جمادی‌الاولی سال ۵۹۰ هق. برابر با ۱۲۰۱ میلادی به قولی در شهر طوس متولد شده است، اما بعضی از مورخان با مطالعاتی که د کتابهای مختلف کرده‌اند از جمله حمداله مستوفی در کتاب «تاریخ گزیده» خود، نوشته است که: او در «جهرود»، محلی بین قم و ساوه متولد شده در حالی که بعضی از مورخان محل تول او را شهر طوس ذکر کرده‌اند و نوشتهٔ او را در مقدمهٔ زیج ایلخانی که نوشته است: «من بند کمترین نصیر را که از طوسم» دلیل بر این دانسته‌اند. جمعی دیگر نوشته‌اند که اصل وی ا ساوه یا قم بوده و اجداد او به شهر طوس رفته در آنجا سکنا گزیده‌اند.

پدرش محمّد نام داشت و همین نام را هم برای پسرش برگزید. او در علوم دین و فقه دانشمن بود. دایی خواجه نصیر نیز از دانشمندان علوم دینی به شمار می‌رفت و چنانکه رسم آ

۱. برای تکمیل مطالب این کتاب ضروری بود که زندگینامهٔ خواجه‌نصیرالدین دانشمندی که مبتکر خالق رصد خانه آن روز بوده آورده شود، و به همین خاطر مترجم برای شرح حال او از کتاب «احوال و آثار محمدبن محمدبن‌الحسن‌الطوسی ملقب خواجه نصیر» استاد مدرس رضوی ـ ردیف شمارهٔ ۲۸۲ انتشارات دانشگاه که در سال ۱۳۳۴ چاپ شده، استفاده کرده است

روزگار بود در پنج سالگی در برابر پدر نشست تا دروس مقدماتی را از پدر بیاموزد، همزمان از دایی‌اش نیز بهره گرفت.

از آنجایی که پدرش از فقهای امامیه و محدثان بود خواجه نصیر در آغاز کودکی قرآن کریم را به خوبی آموخت و صرف و نحو و اشتقاق و مبانی آن و احادیث نبوی و اخبار بزرگان دین را تا اوایل جوانی فراگرفت. در همین اوقات هم مقدمات منطق و حکمت را آموخت سپس برای کسب علوم ریاضی و حساب و هندسه و جبر و نجوم به شهر نیشابور رفت.

نیشابور در آن زمان پایتخت طاهریان بود و یکی از مراکز مهم علمی ممالک اسلامی به شمار می‌رفت و با وجود آنکه در اثر حمله‌های قبایل مختلف بسیار صدمه دیده بود و بیشتر مدارس و مساجد و کتابخانه‌ها و مراکز علمی آن ویران شده بود، باز هم از اهمیت خاصی برخوردار بود و مجمع علما و فقها و حکما و اطبا و ریاضیدانان و استادان علوم نجوم بود.

نخستین استاد خواجه فریدالدین داماد بود که خود او از شاگردان صدرالدین سرخسی و صدرالدین از شاگردان افضل‌الدین و افضل‌الدین از شاگردان ابوالعباس لوکری و ابوالعباس از شاگردان بهمنیار و وی از شاگردان برجستهٔ ابن‌سینا بود.

قطب‌الدین مصری یکی دیگر از استادان خواجه بود که خود از شاگردان امام فخر رازی بوده و خواجه نصیر قانون بوعلی را از او فراگرفت.

معلم دیگرش کمال‌الدین‌ابن یونس موصلی بود که در ریاضی مشهور بود و او بود که اجازهٔ استادی را به خواجه داد و در سال ۶۱۹ پشت کتاب غنیه بن زهره که در اصول فقه است تأیید کرد که خواجه به حد استادی رسیده است و به او اجازهٔ تدریس داد. صورت این اجازه در کتاب «اجازات بحار» آورده شده است.

استادان دیگر خواجه نصیر عبارت بودند از: شیخ ابوالسعادت اسعد اصفهانی، سیّد علی‌بن طاوس، شیخ میثم بُحرانی، شیخ برهان‌الدین قزوینی، نصیرالدین ابوطالب عبداله طوسی، نورالدین علی‌بن محمدشیعی یا سیعی، شیخ معین‌الدین سالم‌بن بدران مصری، و قلب‌الدین مصری. سپس نزد کسانی چون کمال‌الدین محمد جاسب و علمای بزرگ دیگر در رشته‌های مختلف علم تلمذ کرد و بدین ترتیب آماده شد تا به یاری مغز متفکر خود چراغ تابناک علم نجوم جهان را روشن کند.

آثار و تحقیقات و تتبعات خواجه

اغلب وقتی که از خواجه نصیرالدین طوسی سخن گفته می‌شود به علم نجوم و ریاضی توجه می‌شود، حال آنکه طوسی در فلسفه و کلام و منطق و علم طبیعی همان قدر استاد و بی‌رقیب بود که در نجوم و ریاضی و چون از زمان سلجوقیان دانش و تحقیقات علمی به حالت رکود افتاده بود نخستین کار او بیدار کردن افکار جامعه در علوم ریاضی و نجوم و منطق و فلسفه بود. به همین منظور چندین کتاب در منطق و فلسفه نوشت و در کتابی هم ایرادهای محمد رازی را به ابن‌سینا جواب داد.

کار برجستهٔ استاد این بود که ترجمه‌های کتابهای فلسفی و ریاضی و منطق و دیگر علوم را که در قرون دوّم و سوم هجری از زبانهای مختلف به زبان عربی ترجمه شده بود اصلاح کرد. بیشتر کتابهای فلسفه و منطق را مطالعه کرد و با روشن‌بینی و درک خاص خود بدون اینکه به اصل آنها دسترسی داشته باشد کتابهارا با دلیل و منطق صحیح، تصحیح و تحشیه کرد. نکتهٔ قابل توجه این است که پس از حملهٔ غزالی به فلسفه و منطق و پافشاری فقهای سنت در مبارزه با فلاسفه و حمایت مقتدران دورهٔ سلجوقی از آنان تقریباً دانش خاصه فلسفه و کلام از دوره‌های درسی کنار زده شد تا جایی که در سال ۶۴۵ مستعصم آخرین خلیفهٔ عباسی فرمانی صادر کرد که فقط علوم دینی و گفته‌های مشایخ سنت را در مدارس تدریس کنند و نوشته‌ها و تصانیف دانشمندان دیگر در مدارس تدریس نکردند، خواجه نصیرالدین برای اولین بار علیه این روش قیام کرد و به خلاصه کردن بیشتر کتابهای دانشمندان پرداخت تا برای دانش پژوهان درک مطالب آنها آسان باشد و حقیقت برای آنها روشن شود.

دفاع از بوعلی سینا

در این زمان بود که فلسفهٔ ابن‌سینا مورد مخالفت قرار گرفت و شعرا در این باره شعرها ساخته و پرداختند. خواجه علیه این اعتقادها برخاست و برای آنکه به مخالفان ضربه بزند کتابی علیه محمّدبن عمر رازی معروف به فخر رازی که به فلسفهٔ ابن‌سینا حمله کرده بود نوشت و آن را رد کرد. کتابهای بسیار دیگری به زبان پارسی و عربی در مباحث فلسفی، کلامی، دینی، منطق، و اخلاق نوشت که هرکدام از آنها در تجدید حیات و رونق فلسفه و منطق و کلام آن زمان گام مؤثری بود.

در زمانی که مغولها سرتاسر ایران زمین را درو می‌کردند خواجه نصیرالدین در طوس به سر می‌برد. مدت اقامتش در طوس آن قدر زیاد بود که او را به شهر طوس منسوب کردند و طوسی لقب گرفت. در این زمان خواجه نصیرالدین برای نجات از دسیسهٔ مغولها به دژ اسماعیلیه در قهستان پناه برد و چند سالی را در پناه علاءالدین محمد و پسر او ناصرالدین گذراند و کتابهایی هم در آن قلعه نوشت از جمله کتاب اخلاق ناصری. پس از مدتی به همراه ناصرالدین به خدمت علاءالدین محمّد که بزرگ اسماعیلیان بود رفت. خواجه در قلعهٔ میمون دژ بود که هلاکوخان مغول وارد ایران شد و تصمیم گرفت قلاع اسماعیلیان را تصرف کند و اسماعیلیان را براندازد. برخی از مورخان نوشته‌اند شهرت خواجه نصیرالدین به چین هم رسیده بود و منگُوقاآن که به جای چنگیز بر اورنگ امپراطوری چین تکیه زده بود از برادرش خواست که دانشمند بزرگ را بیابد و به چین بفرستد.

پس از سقوط قلاع اسماعیلیان خواجه هم ناگزیر به خدمت هلاکو در آمد و از آنجایی که مغولها به علم تنجیم یعنی دانش بیان آینده و وقایع و استفاده از علایم و آثار نجومی علاقهٔ وافری داشته به خواجه نصیر رو آوردند. به طور قطع در ابتدا توجه هلاکو به خواجه نصیرالدین روی همین علاقه بود.

نقش خواجه در حمایت از دانشمندان در دوران هلاکوخان

بعدها که به تدریج وسعت اطلاعات و دانش خواجه و راهنماییهای صادقانهٔ او پدیدار شد هلاکو به این مرد دانشمند علاقه‌مند شد. وقتی که قلعه‌های اسماعیلیان به دست سربازان هلاکو فتح شد خواجه از روی مصحلت اندیشی بهتر دید که خورشاه پادشاه اسماعیلیان که در بسطام بود از هلاکو اطاعت کرده از قتل و خونریزی مردم بی‌گناه جلوگیری کند. خورشا ناچار تسلیم نظر خواجه شد و نزد هلاکو رفت و تسلیم شد و بدین ترتیب در آن زمان حکومت اسماعیلیان در ایران موقتاً برچیده شد. خواجه نصیر در شعر ذیل به این موضوع اشاره کرده است:

«سال عرب چو ششصدوپنجاه و چار شد یکشنبه روز اوّل ذی‌قعده بامداد
خورشاه پادشاه اسماعیلیان زتخت برخاست و پیش هلاکو بایستاد»

این دانشمند بزرگ مسلمان و شیعهٔ ایرانی که مورد توجه هلاکو بود از این توجه و علاقه حداکثر استفاده را برای نجات جان دانشمندان و کتاب کتابخانه‌ها از مغول‌ها تلاش نمود و

بسیاری از فراریان را به کشور ایران بازگردانید.

این فراریان دانشمند برجسته و مردان بزرگی بودند که از برابر سپاه مغول گریخته بودند و به قول مورخان، سپاه مغول دانش را از ماوراءالنهر و خراسان و به طور کلی از خاک ایران به سوی شام و سوریه و مصر راندند، ولی خواجه نصیرالدین توانست عده کثیری از دانشمندان و گریختگان را به ایران بازگرداند. هلاکو پس از تصرف قلاع اسماعیلیه عازم فتح بغداد شد و در سال ۶۵۱ هجری بود که شهر بغداد سقوط کرد و آخرین خلیفهٔ عباسی که المستعصم بالله بود به شیوهٔ جالبی کشته شد. مستعصم‌بالله آخرین خلیفهٔ حکومت عباسیان مردی ضعیف‌النفس بود و در زمان او آرامش مردم به هم ریخته و آسایش از همهٔ طبقات سلب شده بود. وزیر خلیفه که ابن علقمی نام داشت از عهدهٔ غارتگران بر نمی‌آمد، به خصوص آنکه در سال ۶۵۴ هـ. ق. سیل عظیمی در بغداد جاری شد که به سیل‌المستعصم معروف شد. این سیل باعث بدبختی و بی‌خانمانی و بیچارگی و فقر بیشتر مردم گردید. مردم بغداد که از ظلم حکام و دزدان و قتل و غارت اوباشان به ستوه آمده بودند از عباسیان ملول و متنفر شدند و تصمیم به عزل خلیفه گرفتند و بنا به اختلافاتی که بین افراد دربار و حکام بود بی‌جهت تصمیم به ایذا و آزار شیعیان گرفتند.

در این تاریخ که روز دهم رمضان ۶۵۵ هـ. ق. بود هلاکو تصمیم گرفت از همدان به سوی بغداد حرکت کند و فرستاده‌ای نزد خلیفه‌المستعصم فرستاد اما درباریان خلیفه فرستادهٔ هلاکو را با بی‌احترامی ردکردند و اموال او را در میان راه غارت کردند. این عمل بیشتر سبب خشم هلاکو گشت و از شدت ناراحتی و گرفتن انتقام به بغداد حمله کرد و شهر بغداد را فتح کرد و المستعصم هم ناچار در روز دوشنبه هیجدهم محرم سال ۶۵۶ تسلیم هلاکو گردید. او را در پلاسی پیچیدند و آن قدر مالیدند تا اینکه درگذشت. می‌گویند حسام‌الدین منجم به هلاکو گفته بود خلیفه چون از خاندان سادات است کشتن او مصلحت نیست و اگر خونش ریخته شود زمین بلرزد و شکافته گردد و آسمان به زمین افتد.

خواجه نصیر که در دربار هلاکو بود سخنان او را ردکرد و گفت همهٔ اینها اباطیل است و چون دید هلاکو به سبب این سخنان درکشتن خلیفه مردد است گفت فرمان ده تا خلیفه را در نمدی پیچند و با دست او را بمالند. اگر در این میان اثری از گفتهٔ منجم ظاهر شد از مالش او دست بردارند و از کشتن او خودداری کنند و اگر اثری پدیدار نگشت آن قدر او را بمالند تا

جان دهد، در حالی که خونش نیز ریخته نشده است. بدین ترتیب با مرگ خلیفه دولت ۵۰۰ سالهٔ عباسیان برچیده شد و تنها کسی که از خاندان عباسیان باقی ماند پسر کوچک خلیفه ابوالمناقب بود که در جوانی به مراغه رفت و با زنی از طایفهٔ مغول ازدواج کرد و صاحب دو پسر شد.

هلاکو پس از فتح بغداد عازم آذربایجان شد تا مرکز حکومت خود را در آن سامان مستقر کند. برای آن آذربایجان را برگزید که در آن زمان مغولان فقط از سمت مغرب و شمال غربی تهدید می‌شدند.

در جنوب روسیه شاخه‌ای از مغولان زیر فرمان فرزندان جوجی پسر چنگیز به سر می‌بردند که با هلاکو مخالفت می‌کردند و معتقد بودند که ایران باید در قلمرو آنان باشد. از سوی دیگر چون مغولان به سوریه و مصر نظر داشتند بهترین محلی که با داشتن آب فراوان و دشتهای سرسبز و هوای خنک برای آنها مناسب بود و از نظر نظامی هم ارزش داشت آذربایجان بود. هلاکو شهر مراغه را برگزید و فرمان داد آن شهر را که در حملات قبلی مغولان ویران شده بود آباد کنند. در اینجا بود که خواجه نصیرالدین با استفاده از علاقهٔ مغولان به تنجیم (ستاره‌شناسی و ستاره‌بینی) هلاکو را به ساختن رصدخانه‌ای در مراغه ترغیب کرد. معروف است خواجه نصیرالدین طوسی برای آنکه هلاکو را بدین کار ترغیب کند ابتدا با توجه به علاقهٔ مغولان به غیب‌گویی و تنجیم به او فهماند که به کمک رصدخانه می‌تواند آینده را به خوبی ببیند و وقایع را پیشگویی کند. سؤال هلاکو این بود که دانستن آینده چه سود دارد. خواجه پاسخ داده بود من دستور داده‌ام تشتی را از بالای بام به حیاط بیفکنند. شما اکنون این مطلب را می‌دانید ببینیم تأثیر آن در مردمی که آن را نمی‌دانند چیست؟

هلاکو اجازه می‌دهد به اشارهٔ خواجه تشت مسی بزرگی را از بام رها کنند. صدای مهیب آن همه را به وحشت می‌افکند و مردم آن سامان سراسیمه می‌شوند. آنگاه خواجه می‌گوید بنگرید چون شما و من از آنچه که روی داد آگاه بودیم وحشت نکردیم، ولی دیگران چه قدر ترسیدند. اگر ما از آینده آگاه باشیم خود را نمی‌بازیم و با واقعه مبارزه می‌کنیم. هلاکو با این تدبیر تسلیم می‌شود و قبول می‌کند. با آگاهی از نوشته‌های خواجه نصیر می‌دانیم او چون ابوریحان و دیگر دانشمندان به علم تنجیم و دانستن آینده از راه ستاره‌نگری اصلاً اعتقادی

نداشت، ولی ناچار بود هلاکو را به این ترتیب راضی کند.

نکتهٔ قابل توجه دیگر این است که خواجه نصیرالدین از خان مغول که ثروت پانصد سالهٔ عباسیان را به دست آورده بود چیزی نخواست، بلکه پیشنهاد کرد خان مغول مقداری از دارایی خود را وقف امور علمی کند و آنها را در اختیار خواجه بگذارد و قول داد از آن محل هم مخارج مورد نظر وقف‌کننده را بدهد و هم بودجهٔ تأسیس و مخارج رصدخانه را تأمین کند.

اینکه خواجه را وزیر اوّل یا وزیر بزرگ و همه کارهٔ هلاکو دانسته‌اند درست به نظر نمی‌رسد، بلکه سمت او وزارت اوقاف بود، ولی چون هلاکو به او ایمان و اعتقاد داشت همیشه او را مورد مشورت قرار می‌داد.

شرحی از ساختمان رصدخانهٔ مراغه

هلاکو مراغه را به آن خاطر برای پایتختی انتخاب کرد که در دره‌ای سرسبز و خرم قرار گرفته بود. به علت وفور مراتعی که به شکل نعل اسبی مرکز شهر مراغه و اطراف آن را احاطه کرده بود، هلاکو آن را به فال نیک گرفت و در انتخاب خود تردیدی راه نداد. دلیل اینکه خواجه نصیرالدین رصدخانه را در مراغه بنیان نهاد وجود تپه‌ای بود در کنار شهر که خط نصف‌النهار از آن تپه می‌گذشت و یکی از خطوط نصف‌النهاری بوده که از جزایر خالدات در غرب اسپانیا عبور می‌کرده است.

رصدخانه مراغه با چه شرایطی ساخته و همکاران خواجه چه افرادی بودند؟

ساختمان رصدخانه به شکل دایره و از آجرهای قرمز و خشتهای پخته یا دیواره‌ای که دایرهٔ خارجی آن حدود ۲۲ متر قطر و ۵۰ متر ارتفاع[1] داشت. «سه برابر برج بادآتن» بود و با گنبد کاشیکاری فیروزه‌ای پوشیده می‌شد.

حسن‌بن علی منجم شیرازی که کتاب خود را در سال ۱۲۵۶ هـ.ق. تألیف کرده وضع عمارت رصدخانه را که خود دیده است بدین گونه وصف می‌کند: «صورت عمارت مدور

۱. دربارهٔ ارتفاع ۵۰ متر اختلاف نظرهایی وجود دارد و به احتمال باگودترین نقطهٔ ربع جداری که از سطح زمین پایینتر بوده حدود ۴۰ ـ ۵۰ متر می‌شده است.

است دورادور دو طبقه و عمارت مربع مستطیلی در میان دور است و از دور عمارت بلندتر ـ ارتفاع او به قدر نصف قطر دایرهٔ ربع است[1]. بالای آن دریچه‌ای است که از آنجا شعاع آفتاب در وقت نصف‌النهار بر ربع می‌تابد تا زمین نصف قطر ربع است و دریچهٔ طولانی دوگز و سه گز دیگر بر بالای دریچه‌ای که سقف عمارت باشد طول دو طبقهٔ مدور چهارده گز. طبقهٔ اوّل هفت گز، طبقهٔ دوم هفت گز و شش سوراخ بر سقف مربع مستطیل است یعنی بالای این عمارت

از طرف مربع نردبانی ساخته‌اند تا راصد به بالای ربع تواند رفت و ببیند که شعاع آفتاب بر کدام جزء تابیده است که آن ارتفاع آفتاب باشد»

با تحقیقاتی که امروزه از محل مذکور به عمل آورده‌اند مشخص شده که در ورودی رصدخانه رو به جنوب باز می‌شده و مجموعاً ۱۶ ساختمان یا مرکز داشته که به دوگروه تقسیم می‌شده است. گروه اول آنهایی که در کار و فعالیت کارهای نجومی به هم وابسته بودند و گروه دوّم مراکزی بوده که خود جداگانه کار می‌کردند مثل کتابخانه و مدرسه و نظایر آن.

رصدخانه روی تپه‌ای به ارتفاع ۱۱۰ متر در غرب شهر مراغه بنا شده که طول سطح بالای تپه ۵۱۰ متر و عرض آن ۲۱۷ متر بوده است.

آثار هفت واحد اصلی روی تپه کاملاً نمایان است در میان این هفت واحد مهمترین آنها برج مرکزی رصدخانه است که به قطر ۲۲ متر و از دیوارهایی به قطر ۸۰ سانتی‌متر ساخته شده است. مصالحی که در بنای برج به کار رفته عبارت است از: سنگ قلوه و سنگ لاشه و سنگهای تراش برای ازارهٔ خارجی و داخلی، سنگهای تراش بزرگ برای ورودی برج، آجر در سه اندازهٔ مختلف، ملات و اندود گچ و ساروج، کاشیهای رنگی لعابدار در سه طرح و اندازه‌های مختلف، سنگهای حجاری شده و نقش‌دار، آجرهای نقش‌دار تزیینی.

براساس قطعه‌های تزیینی به دست آمده و با توجه به یکی دو متن تاریخی در زمینهٔ توصیف این برج، به خصوص قصیدهٔ معروف قاضی‌القضات اصفهانی که به زبان عربی سروده شده و ابتدای آن چنین است:

«صفا شرب عیشی فی صوافی مراغه فطلت کماشاءالمنی‌التفرج
بهاالرصدالعالی لنصیری معتضدی الی‌الفلک‌الاعلی به اتدرج»

۱. این نظریه دربارهٔ ارتفاع صحیحتر به نظر می‌رسد.

می‌توان گفت که برج رصدخانهٔ مراغه دارای نمای پرشکوه و چشمگیری بوده و تزیینات داخلی آن براساس ضوابط نجومی و صور فلکی صورت گرفته بوده که از زیبایی خیره کننده‌ای بهره‌مند بوده است. در تمام مواقع سال رصد خورشید به خوبی از شکاف بالای رصدخانه امکان‌پذیر بوده حرکات گوناگون خورشید در زمانهای مختلف سال بررسی می‌شده است. داخل ساختمان با تصویرهایی از منطقه البروج زینت داده شده بود و اشکال برجهای دوازده گانه و حرکت و صور مختلف ماه و سایر تصاویر افلاک و اجرام سماوی و نقشه‌ها و دستگاهها و طرز به کار بردن آنها روی دیوار نقش بسته بود. اسطرلاب بزرگی در مرکز ساختمان تعبیه شده بود که محل مرکزی رصدخانه بوده است. در سمت دیگر آن کتابخانه‌ای بود که در آن کتابهای علمی، یادداشتها، جزوه‌ها، و نوشته‌های مربوط به نجوم و ریاضی و طبیعی از شهرهای بغداد و سوریه و الجزایر گردآوری شده بود و بنا به چندین روایت تعداد آنها به چهل هزار می‌رسیده است. البته رقم قابل قبول آن ۴۰۰۰ جلد باید باشد.

در نزدیکی رصدخانه دخمه و غاری بوده، که هنوز نیز باقی است، که هیچ ارتباطی با ساختمان رصدخانه نداشته است. در حالی که مردم به اشتباه محل مذکور را رصدخانهٔ خواجه نصیر می‌نامند. شاید آن دخمه، محل عبادت یا آسایشگاه و مسکن افرادی بوده باشد.

برای اولین بار با موافقت مادر مسیحی مذهب هلاکو در مراغه و در همان نزدیکی مدرسهٔ دخترانه‌ای ساخته شده است[1].

اطراف تپه محصور بوده و دیوارهای مدوری داشته و به طریقی بنا شده بود که به آسانی تسخیرپذیر نبوده از هجوم و تاخت و تاز دشمنان درامان بوده است.

بعد از آنکه بغداد در سال ۶۵۶ هـ.ق. سقوط کرد هلاکو دستور داد قسمتی از غنایم و ابزارهای علمی و کتابهای پرارزش را به ساختمانهای رصدخانه منتقل کنند و قسمت دیگر را در ساختمان تپه‌های شاهی «جزیره شاهی که هنوز در دریاچهٔ ارومیه وجود دارد و مردم می‌گویند محل دفن گنجینه‌های هلاکو است» نگهداری کنند.

لوازم فنی رصدخانه و دستگاههای دیده‌بانی و ابزار آلات رصدخانه: دستگاههای عجیب و بزرگ رصدخانه که با ساختن آنها رصدخانه مراغه به وجود آمد، درست در قسمت

۱. اولین مدرسهٔ دخترانهٔ دنیا که این افتخار فقط نصیب این کشور شده است (س.غ.).

جنوبی رصدخانه قرار داشت. آثار پی و شالودهٔ آنها هنوز دیده می‌شود. قسمت عمدهٔ این دستگاهها متأسفانه در ادوار مختلف تاریخ از بین رفته است و فقط کرهٔ مدوری که از فلز ساخته شده و منقوش به خطوط نصف‌النهار و مدارات آسمانی و مدار رأس‌السرطان و رأس جدی است در موزهٔ درسدن آلمان محفوظ است که از کارهای خواجه نصیر و یکی از آثار بسیار گرانبهای تاریخ پرفروغ نجوم ایران است.

این دستگاه را در حدود سال ۷۵۸ شمسی، ۱۲۷۹ میلادی، شمس‌الدین محمّد پسر مؤیدالدین عُرضی که دوست و همکار نزدیک خواجه نصیر بود با راهنمایی او ساخته است. طریقهٔ محاسبات و سیستم استفاده از آن در یک کتاب خطی که در کشور سوریه پیدا شده وجود دارد. شرح مذکور به دنبال مطالعات خواجه نصیر در کتاب «تذکره نصیریه» آمده است.

همکاران علمی خواجه در رصدخانهٔ مراغه

کار رصدخانه از سال ۶۳۸ شمسی به طور رسمی آغاز شد. دستیاران و همکاران اصلی خواجه نصیر و گردانندگان این مرکز عظیم علمی که حتی در تکمیل و اتمام رصدخانه و آمارهای فنی آن نیز همکاری می‌کردند عبارتند از:

۱. حکیم مؤیدالدین عُرضی
۲. فخرالدین اخلاطی تفلیسی
۳. فخرالدین مراغه‌ای موصلی
۴. نجم‌الدین دبیرانی قزوینی
۵. نجم‌الدین کاتبی بغدادی
۶. محی‌الدین مغربی کمالی
۷. قطب‌الدین شیرازی
۸. شمس‌الدین شیروانی
۹. شیخ کمال‌الدین ایجی
۱۰. سید رکن‌الدین استرآبادی
۱۱. ابوشکر مغربی
۱۲. تقی‌الدین حشیشی

۱۳. صدرالدین ناصر طوسی
۱۴. محمود دامغانی اسطرلابی
۱۵. حسام‌الدین شامی
۱۶. عیسی مغولی

صنعتگری اهل ارمنستان به نام گریگور که به احتمال مهندسی ساخت ابزارها به عهده او بوده است. جمال‌الدین ابن‌زید بخاری با فومن جی که از چین برای دیدن طرز کار رصدخانه آمده بود همکاری می‌کرد. جمال‌الدین همان کسی است که بعدها در ساختن رصدخانهٔ شانگهای در سال ۵۷۸ مشارکت داشته و به «جمال دینک» معروف شده بوده که اکنون به همین ترتیب نامش در رصدخانهٔ شانگهای ثبت شده است.

این افراد تحت نظر و دستور مؤیدالدین عُرضی کار می‌کردند که او هم مستقیماً تحت نظر خواجه فعالیت علمی خود را ادامه می‌داده است.

کار ساختمان و کلیهٔ لوازم و ابزارهای آن با هزینه‌ای به مبلغ ۲۰۰ هزار دینار* به پول آن زمان به اتمام رسید و به علت علاقهٔ شخصی خواجه نصیر و مراقبت دایمی او تمام دستگاههای مذکور در محل ساخته می‌شد. از آنجایی که خواجه در این مورد تعصب خاصی داشت کلیهٔ لوازم و ابزار رصدخانه را کارگران و متخصصان محلی تهیه می‌کردند، به این دلیل بود که کار با دقت خاص اما به کندی پیش می‌رفت. به طوری که در سال ۶۲۴ شمسی که هلاکو از ساختمان نیمه تمام رصدخانه بازدید می‌کرد دستور داد بر سرعت کار افزوده شود. زمانی که هلاکو وفات یافت هنوز دستگاهها صددرصد کامل نبودند، با این وجود ابزارآلات بزرگ و عظیم رصدخانه نصب شده بودند. نوشته‌ها و کتابها و یادداشتهایی که از مویدالدین باقی مانده و در موزهٔ پاریس محفوظ است نه تنها شرح گویا و روشنی از اتفاقات آن زمان به دست می‌دهد، بلکه مشخصات کاملی از ساختمان دستگاهها و طرز بکار بردن آنها را در بر دارد. حتی دربارهٔ مشخصات دستگاهها از خط کشهای موازی هیپوکرات، ابزارهای بطلمیوس ربعهای اسطرلاب، با کلیهٔ صفحات آن که با حداکثر ظرافت و مهارت طرح شده‌اند، شرح مبسوطی داده شده است. از آن جمله پنج حلقهٔ دایره‌ای ساخته و پرداخته شده از مس است که یکی دایرهٔ نصف‌النهار و دیگری دایرهٔ منطقه البروج و سومی دایرهٔ عرضی و چهارمی دایرهٔ

* ۲۰۰ تومان فعلی

دیگری بود که آن را دایره‌الشمسیه می‌نامیدند و با آن جهت کواکب را تعیین می‌کردند دایرهٔ پنجم دایرهٔ ثابت مدرج شده بود که علاوه بر دستگاهها و ابزاری که در آن زمان در دسترس بوده و در رصدخانه به‌کار می‌رفته، شرح پنج دستگاه جدید و ظریفی که در این رصدخانه به کار می‌رفته آمده است که به هیچ وجه در سایر رصدخانه‌ها یافت نمی‌شده است که هنوز باعث تعجب محققان این رشته است و نشان می‌دهد که دانشمندان مسلمان و ایرانی آن زمان چگونه به کمک نبوغ حیرت‌آور خود موفق به محاسبه و تهیهٔ آنها شده بودند.

یکی از این دستگاهها به نام سینوس آزیموت و دیگری تکامل ابزارآلات است که اغلب آنها از سنگ و چوب یا از برنج ساده ساخته شده زیاد که در محوطهٔ خارجی رصدخانه به‌کار برده می‌شدند و در مواقع برف و بارندگی روی آنها را با چادر می‌پوشاندند. وسایل دیگر رصدخانه عبارت بود از:

ربُع جُداری ذات‌الحَلَق که مرکب از هفت حلقه بود که هر یک به چهار سطح محیط بود حلقتان که از دو حلقه تشکیل می‌شد که در حلقهٔ اوّل درجات و دقایق و ثانیه‌ها و در حلقهٔ دوم لُبنیه دو خط کش سوراخ‌دار کار گذاشته شده بود.

ذات‌السمت و ارتفاع ذات‌الشعبتین که مرکب از سه خط کش بوده که یکی قایم بر سطح افق و دوم مثل پایهٔ پرگار و سومی تراز افق بوده است.

حلقهٔ اعتدالیه موازی سطح معدل‌النهار بوده و برای رصد آفتاب اعتدالین ذات‌الجیب والسهم که آن را آلت ظل عظیمه هم می‌نامیدند.

ذات‌الحَلَق صغیر ـ از چهار حلقه ساخته می‌شده که یکی در جهت نصف‌النهار بوده یکی مایل به اقطاب دربُعد «چون در زمان خواجه چهار قطب برای زمین در نظر می‌گرفتند» قطب شمال، جنوب، مغرب، و مشرق. یکی دیگر برای فلک‌البروج و چهارمی برای دایرهٔ عرضیه که دارای عضاده «خط کش بلند درجه و سوراخ قراولروی» بود.

(خواجه) مردی بسیار پاکدامن، باهوش، موقر، فیلسوف، آرام، و سریع‌الانتقال بود. اینکه او توانست شخصی چون هلاکوخان را به خدمت علم و دانش و فرهنگ در آورد از شگفتیهای خصلت او بود.

خواجه نصیرالدین مردی متفکر و دانش دوست بود و می‌توان او را به حق زنده کنندهٔ روشهای علمی و فلسفی قبل از حملهٔ سلجوقیان دانست، اما از آنجا که کارهای نجومی او در

دانش نجوم اسلامی و آنگاه در نجوم اروپا تأثیر کامل داشت و کسانی چون «تیکوبراهه» منجم معروف هلندی* ـ دانمارکی و «کپلر» و کپرنیک از دانش او بهره گرفته‌اند، بیشتر او را منجم و ریاضیدان شناخته‌اند تا فیلسوف و عالم علم کلام یا طبیعی‌دان. خواجه نصیرالدین مردی بود آرام، خونسرد، باوقار و به هر نوعی به دیگران کمک می‌کرد. هیچگاه خشونت و عصبانیت از او دیده نشد. انسانی بردبار و حلیم بود هرگز شکایت از روزگار نمی‌کرد. بسیار باهوش و سریع‌الانتقال و پرکار بود. دارا بودن چنین صفاتی او را در مدت کوتاهی به امور دارایی هلاکوخان مغول رساند و به عنوان مسئول خرج و دخل و در واقع به جای وزیر دارایی هلاکوخان انتخاب شد.

اینکه او چگونه توانست در مدت بیست سال تحت لوای حکومت هلاکو و خاندان او زندگی کند و به مرگ طبیعی جهان را وداع کند و هیچگاه مورد لعن و طعن و ایذا و آزار دشمنان و حسودان قرار نگیرد یکی از اسرار و خصوصیات اخلاقی عجیب این مرد دانشمند است. او عقیده داشت که «فتح و پیروزی از آن انسانی است که همیشه قدرت مقاومت در برابر مصایب را داشته باشد». (تذکرهٔ نصیریه)

چندین داستان در مورد دلیل اعتماد هلاکو نسبت به خواجه نقل شده است از جمله آنکه روزی خواجه نصیرالدین برای تحمیل نظرش به هلاکو گفت که یک آزمایش دارویی وقتی مؤثر است که با خمیره‌ای از پودر طلای ناب عجین شده یا در هاون کوبیده شده باشد. هلاکو نیز برای اثبات این گفته و بنا به عقیدهٔ خواجه بیدرنگ معادل سه هزار دینار طلای ناب به او داد تا آزمایش خود را انجام دهد. خواجه با اثبات نظرش اعتماد هلاکو را جلب کرد. به همین طریق زمانی که خواجه نصیر «بودجهٔ» ساختمان رصدخانهٔ معروف مراغه را درخواست کرد، هلاکوخان بیدرنگ با پرداخت آن موافقت کرد و هزینهٔ آن را تقبل نمود، چون وزارت اوقاف هلاکوخان هم به عهدهٔ خواجه بود، از این لحاظ بودجهٔ مساجد و مدارس و مخارج طلاب و سایر امور دینی که مورد نیاز بود و باید بین معلمان و متعلمان تقسیم می‌شد و هر آنچه که باید به عنوان مقرری دانشمندان و محققان پرداخت می‌شد با یک بار اعلام خواجه، از طرف هلاکو تأمین و مستمراً تأدیه می‌شد؛ به همین علت در ساختن و استفادهٔ علمی از رصدخانه گروه زیادی از دانشمندان، محققان، علما، و شاگردان و طالبان علم و حتی

* نظر پروفسور بردین در پایان این فصل آورده شده مطالعه شود.

مردمان عادی با جان و دل برای خواجه کار می‌کردند و گرد او جمع بودند.

شمس‌الدین محمّد عُرضی یکی از مؤلفان بزرگ ایرانی می‌نویسد: «مخارج رصدخانه به حدی رسیده بود که فقط قادر متعال می‌توانست ارقام آن را بگوید که چه مبلغ هنگفتی است و این مبلغ هم به اختیار خواجه بود...».

در مذاکراتی که خواجه در مورد ساختمان رصدخانه با هلاکو داشته به این نکته اشاره کرده است که تکمیل پایه‌ها و سایر لوازم مورد نیاز رصدخانه و انجام کلیهٔ محاسبات و مطالعات و تهیهٔ جدولها و سایر ارقامی که برای طرح اسطرلاب آن باید انجام گیرد، با کلیهٔ افرادی که تحت اختیار او هستند یا قرار خواهند گرفت در حدود سی سال به طول خواهد انجامید که به طور کلی با یک دورهٔ کامل گردش زحل برابر خواهد بود.

هلاکو با مدت زمان اجرای طرح و تکمیل رصدخانهٔ مراغه که سی سال پیش‌بینی شده بود مخالفت کرد و گفت من هزینه‌های اجرای آن را به مدّت ۱۲ سال پرداخت می‌کنم و باید در پایان سال دوازدهم به اتمام برسد.

در اواسط اردیبهشت ماه سال ۶۳۸ شمسی کار ساختمان رصدخانه شروع شد و درست ۱۲ سال بعد با مجاهدت و فداکاری عجیب خواجه و سایر دانشمندان در سال ۶۵۰ شمسی به اتمام رسید، در حالیکه خود هلاکوخان یعنی مردی که در این کار عظیم سهیم و شریک بود ۶ سال قبل از تاریخ افتتاح رصدخانه وفات یافته بود، به همین مناسبت ابتدای محاسبات تاریخ سالهای ایلخانی را از ۱۲۵۹ میلادی یا ۶۳۸ شمسی شروع کردند که سال بنای رصدخانهٔ مراغه بوده است، نه سال اتمام یا گشایش آن.

اشتغالات دیگر خواجه

حدود ۵۰ کار دیگر به استثنای کار رصدخانه، جزئی از کارهای پرمشغلهٔ این نابغهٔ عظیم عالم بود از جمله: رسیدگی به دیوان محاسبات، رسیدگی به امور کشورداری و رسیدگی به امور اوقاف مملکت، تألیف و تصنیف حدود ۱۵۰ کتاب اخلاقی، فلسفی، علمی، ریاضی و فنی، محاسبهٔ معادلات خطوط افقی و خطوط عمودی اسطرلاب رصدخانه، ساختن کتابخانه‌ای که گنجایش چهل هزار کتاب را داشت، «در بعضی نسخه‌ها ۴۰۰ هزار نوشته‌اند که به هیچ وجه درست نیست و با محاسبهٔ ابعاد حداقل کتابها و حداقل مکان نگهداری آنها

ساختن چنین ساختمانی احتیاج به سطحی داشته که با نقشه و توضیحات و مکان آثار رصدخانهٔ مراغه منطبق نیست؛ اما با ۲۰ هزار تا ۴۰ هزار جلد کتاب وفق دارد».

تأسیس مدرسهٔ دخترانهٔ مادر شاه و تدریس شاگردان قسمتی از کارهای این نابغهٔ خستگی ناپذیر بوده است.

برای نشان دادن مقام علمی این مرد کافی است بگوییم که با مقایسه با زمان فعلی دو نفر ریاضیدان و محاسبه دقیق مدّت ۳ ماه باید مرتباً روزی ۱۰ ساعت کار کنند تا جدول اسطرلاب را از مدار خط استوا تا ۹۰ درجه محاسبه و ترسیم کنند، ضمناً در این گیرودار یک مدل از هندسهٔ فضایی را مطرح کرده که اساس معادلات و بحث در آن هنوز ناشناخته مانده است؛ با وجود آنکه علاقه داشت که «المجسطی» یعنی قوانین نجومی پیش از خود را دگرگون کند، لکن در علم نجوم فضای بازی ارائه داد که دانشمندان را از پیروی یک راه سنتی برحذر داشت و همین ارائهٔ طریق بود که کپرنیک منجم برجسته و معروف را به ادامه دادن آن تشویق و رهبری کرد. کپرنیک تحقیقات خود را براساس اطلاعات و تحقیقات خواجه بنا نهاد، امّا متأسفانه ذکری از نام استاد «خواجه طوسی» را در کتاب خود نیاورد. رصدخانه‌ای که با دست توانا و با فکر اندیشمند و نبوغ بی‌حد و حصر این مرد ایرانی ساخته و پرداخته شده است رصدخانه‌ای بود که تا ۵۰۰ سال دقیقاً مورد استفاده و تحقیق علما و دانشمندان و کسانی بود که مراد خود را در آن بنا جستجو می‌کردند. نور چراغ این بنای عظیم بود که روشنایی‌بخش علم هیئت در قرون جدید شد و فروغ تابناک آن کهکشانها را روشن کرد.

این رصدخانه ۱۶۷ سال پیش از رصدخانهٔ سمرقند ساخته شد، سپس رصدخانه‌های دهلی اوجاین (اوجین)، جی‌پور، مونرو، بنارس که در قرن هیجدهم میلادی در زمان محمدشاه در هند و رصدخانهٔ تیکوبراهه در اورانین برگ که در سال ۱۵۷۶ میلادی در دانمارک ساخته شده است از روی نمونهٔ رصدخانهٔ مراغه بوده است.

جملهٔ زیر سند بسیار جالبی از تحقیق پروفسور بروین بر کارهای رصدخانهٔ تیکوبراهه است که آن را از صفحهٔ ۹ فصل ۱۳ کتاب «تحقیق بر رصدخانهٔ سمرقند» که در ژانویه ۱۹۶۸ از طرف دانشگاه بیروت چاپ شده است می‌آوریم: «اسلوب نصب ابزارها و نوع لوازم آلاتی که در رصدخانهٔ تیکوبراهه در سیصدوپنجاه سال بعد از بنای رصدخانهٔ مراغه د

جزیرهٔ «ون» دانمارک به کار رفته است با نوع آلاتی که در رصدخانهٔ مراغه ساخته شده اختلاف و مغایرت زیادی نداشته و شبیه به هم است. اگر رصدخانهٔ کاملی را با تمام وسایل مورد نیازش، که برای رصد و محاسبهٔ ستارگان به کار می‌رفته، در نظر بگیریم باید قبول کنیم که رصدخانهٔ مراغه اولین بنای چنین رصدخانه‌ای بوده که به راستی ابزارهایش بسیار جالب و دقیق و شایسته ساخته شده بوده است، و به همین دلیل است که دانشمندان امروزی جهان از لابه‌لای اوراق کتابهای او ارقام و اعداد و فرمولهایی پیدا می‌کنند که مایهٔ تعجب همگان می‌شود و بدین مناسبت نام پرارزش نصیرالدین[1] در نصف‌النهار صفر و در مدار ۴۱ درجهٔ جنوبی زینت بخش نقشهٔ کره ماه و کوهستانهای آن شده تا جهان باقی است نام او جاودان[2] بماند.

رؤیت و مطالعهٔ جدولهای روزها و سیستم محاسبهٔ طول و عرض جغرافیایی قاره‌ها و اقلیمها و جدول تنظیمی که به نام جدول ایلخانی معروف است هنوز مایهٔ تعجب دانشمندان این علم است. این جدول شامل ۴ کتاب مجزا از یکدیگر است که به نوعی به هم مربوط شده‌اند. کتاب اول شامل تاریخ ملل چین، یونان، عرب، و ایران و تاریخ ملکشاهی است. کتاب دوم دربارهٔ حرکات سیارات و محل استقرار آنها و قسمت عمدهٔ کتاب دربارهٔ نجوم است. کتاب سوم طریقه‌های گوناگون اندازه گیری زمان است. کتاب چهارم دربارهٔ تولد انسانها و تأثیر ستارگان برسرنوشت آنهاست و به محاسبهٔ جدولهایی ختم می‌شود که در آن طول و عرض بلاد محاسبه و ثبت شده است

پایان زندگی خواجه نصیرالدین طوسی و عاقبت رصدخانه

خواجه نصیرالدین طوسی چندین بار به بغداد مسافرت کرد و در سال ۶۷۲ هـ.ق. بود که در بغداد بیمار شد و در هیجدهم ذیحجه همان سال دار فانی را وداع گفت. تعداد زیادی از دوستان، شاگردان، علما، طلبه‌ها، اعیان و مردم بغداد او را تا کاظمین مشایعت کردند و در جوار امام موسی‌الکاظم علیه‌السلام به خاک سپرده شد. تاریخ فوت خواجه که به قولی هفتادو پنج سال و هفت ماه و هفت روز بود در این دو بیت آورده شده است:

1. Nasiraldin

۲ این نقشه در صفحه آخر کتاب آورده شده است.

نصیر ملت و دین پادشاه کشور فضل یگانه‌ای که چو او مادر زمانه نزاد
به سال ششصدو هفتاد و دو به ذوالحجه به روز هیجدهم او درگذشت در بغداد

چهار فرزند از او به جای ماند یکی صدرالدین علی که متولی امور رصدخانه در زمان حیات پدر بود، دیگری اصیل‌الدین که مردی دانشمند بود و در کار ساختمان رصدخانهٔ مراغه همراه پدر کار می‌کرد. دختری از او به جای ماند که همسر غیاث‌الدین ابوالفتح کیخسرو شد. نسخه‌ای از زیج‌ایلخانی که خواجه نصیر آن را تألیف و تدوین کرده و فعلاً در کتابخانهٔ ملی پاریس است به خط اصیل‌الدین فرزند خواجه است. ابوالقاسم فخرالدین فرزند چهارم خواجه است که در مراغه به دنیا آمده بود.

هر سه فرزند ذکور او به مقامهای بسیار شامخ وزارت و مشاورت و کارهای مهم قضاوت و کارهای کشوری و علمی رسیدند و تا زمان صفویه نوادگان او هر یک مقامی ارجمند در دستگاههای دولتی داشتند و بعضی از آنان از خطاطان و شعرای معروف و مشهوری شدند.

پروفسور براون مترجم کتاب مؤیدالدین عُرضی به زبان انگلیسی در مورد پایان کار رصدخانهٔ مراغه چنین می‌نویسد: «پس از مرگ خواجه فرزند او صدرالدین و سپس اصیل‌الدین به عنوان مسئول و ناظر رصدخانهٔ شروع به کار کردند و تا سال ۱۳۰۴ میلادی این مدیریت ادامه داشت که رصد کامل یک دور زحل هم انجام گرفت. کار رصدخانه تا حکومت خدابنده‌الجایتو و تا حدود سالهای ۱۳۱۶ میلادی فعالیتی داشت و سپس در سالهای حدود ۱۳۳۹ به صورت ساختمانی مخروبه و متروکه از آن یاد شده است. حدود سالهای ۱۵۰۰ میلادی امکان تغییر و بازسازی آن وجود داشت که متأسفانه به آن توجهی نشد جهانگردی به نام سیندلر که در سال ۱۸۸۳ از این محل بازدید کرده نقشه‌ای از پایه‌های باقی ماندهٔ آن را در سفرنامهٔ خود ترسیم کرده به این نکته اشاره کرده که ضخامت دیوارها در حدود ۸۰ سانتی‌متر بوده است. سالهای بعد مردم محلی و دهقانان سنگ و آجرهای رصدخانه را برای ساختن منازل خود بردند و آن را تبدیل به زمینی کردند که در آن گندم و جو کاشته می‌شد.

منابع و مأخذ فصل اول

1. Wiedemann, E.,
On the life of Nasir al - Din al - Tūsī (in German)
Sitzingsber. d. Phys. - Med. Soz. zu Erlangen **58, 59** (1926 - 27) 363 - 379; **60** (1928) 289 - 316.
2. Sarton, G.,
Nasir al - Din al - Tūsi
Introduction to the history of science vol. II, part II (1931), p. 1001 - 20.
3. Minorsky, V.,
Marāgha
Encyclopedia of Islam vol. 3 (1930) p. 261 - 266.
4. Seemann, H. J.,
The Observatory of Marāgha according to reports of al - 'Urdī (in German).
Sitzungsber d. Phys. - Med. Soz. zu Erlangen **60** (1928) 15 - 126.
5. Sayili, A.,
The Observatory in Islam

Turkish Historical Society, Series 7, No. 38. Ankara 1960.

Subscripts of figures:

1. Ghōdja Nasīr's observatory hill with the caves, as seen from the West.
2. The Sine - Azimuth Instrument, used to measure the altitude and azimuth of the planets and the stars.
3. The Perfect Instrument, first built by al'Urdi in Damascus.

بخش دوم ـ زندگینامهٔ مؤیدالدین عُرضی

حکیم مؤیدالدین‌بن برمک[1] بن مبارک عُرضی دمشقی منسوب به عرض بضم عین که قریه[2] است در دمشق از مهندسان و علما و فلاسفه و از جمله دستیاران خواجه نصیرطوسی در رصد مراغه است. همان طوری که در مقدمه نوشتهٔ پروفسور «فرانس بروین» به آن اشاره شده است او در دمشق به سال ۶۵۰ برای ملک منصور صاحب حمص در حضور نجم‌الدین‌لبودی مشغول اعمال فلکی و ساختن آلات رصدی گردید و در سالهای ۶۵۷ تا آخر عمر با حکم طوسی در بلدهٔ مراغه به ساختن رصد مشغول بود[3] و در هفدهم رجب سال ۶۶۴ درگذشت[4].

خواجهٔ طوسی «رسالهٔ نفس» را به خواهش وی نوشته و در مقدمه او را با تجلیل و احترام زیاد نام برده است.

از شاگردان مشهور وی ابوالفرج‌بن‌القف (۶۳۰ ـ ۶۸۵) است که شرح حالش در کتاب عیون‌الانباء فی تاریخ الاطباء ذکر شده.

از تألیفات وی «شرح آلات رصدیهٔ مراغه» است که در آن آلات رصد مراغه را به تفصیل

---

۱. در مقدمهٔ نسخه «آلات رصد مراغه» در بعضی نسخ «بریک» به جای «برمک» آمده است.

۲. نقل از صفحات ۱۳۱ ـ ۲، ۳ ـ ۴، ۱۵ احوال و آثار استاد بشر و عقل حادی عشر تألیف مدرس رضوی از انتشارات ۲۸۲ دانشگاه تهران، ۱۳۴۴.

۳. برای شرح حال مؤیدالدین به کتاب عیون‌الانباء فی‌طبقات الاطباء ورق آخر کتاب و کتاب روضات‌الجنات، ج ۶، ص ۱۷۱، مختصرالدول‌ابن عبرس ص ۵۰۱ رجوع شود.

۴. جامع‌التواریخ رشیدی، ج ۲، چاپ بلوشه، ص ۵۵۸.

بیان کرده است[1] (نسخهٔ آن در کتابخانه‌های مدرسهٔ سپهسالار و مجلس شورای ملی و کتابخانهٔ آستان قدس رضوی موجود است) و دیگر از آثارش مقدمه‌ای است برای اتمام برهان شکل چهارم از مقالهٔ نهم کتاب مجسطی که در اوّل آن چنین ذکر شده است: «هذه مقدمه حرّرهاالشیخ‌الامام افضل‌المهندسین مؤیدالملة والدین‌العرضی إدام‌الله ایام و بهاتیم برهان‌الشکل‌الرابع من مقالة‌التعاسعه من کتاب‌المجسطی» این رساله در آخر نسخهٔ مجسطی کتابخانهٔ آستان قدس رضوی شمارهٔ ۵۴۵۲ دیده شد.

فخرالدین اخلاطی ایوب‌بن عین‌الدولة نصرالله اخلاطی. بعضی او را به لقب نجم‌الدین و برخی به لقب محیی‌الدین نوشته‌اند و مشهور همان فخرالدین است. وی از علمای قرن هفتم و از حکما و مهندسان و منجمان و اطبای عصر و در خدمت سلطان ملک صالح بوده و در آخر عمر بر حسب تقاضای خواجه به مراغه آمده در رصد مراغه شرکت نموده است.

از شرح حالش بیش از این چیزی به دست نیآمد و از تألیفاتش آنچه موجود است کتاب «اظهار ماکان مستخفیا فی احکام‌النجوم» است که نسخه‌ای از آن در کتابخانهٔ خدیویهٔ مصر مضبوط است (فهرست نسخ عربی کتابخانهٔ خدیو به جزء ۵ ص ۲۸۸).

فخرالدین مراغی ابواللیث محمدبن عبدالملک‌بن‌ابی‌الحارث سحیم حکیم و مهندس رصدی است ابن‌الفوطی گوید: «خواجهٔ طوسی برای بستن رصد مراغه چهار تن از حکما و مهندسین را در نظر گرفت و از هلاکو استدعا کرد که به احضار آن جماعت فرمان صادر نماید و بر طبق فرمان آن جماعت که چهار رکن اصلی برای بستن رصد بودند در مراغه جمع شدند. اول از آنها فخرالدین مراغی دوم فخرالدین اخلاطی، سوم مؤیدالدین عُرضی، و چهارم نجم‌الدین قزوینی بود که به ریاست نصیرالدین ابوجعفر طوسی به کار مشغول شدند.

فخرالدین به علوم رصد و اصول هندسه استاد و در سایر علوم دیگر نیز ماهر بود. کتب بسیاری از علوم ریاضی به دست خویش استنساخ کرد و از معاشرت با یاران ملول و از صحبت با آنان دوری می‌نمود و طالب تنهایی بود و جز به کارهای خویش و نوشتن کتاب به کار دیگری نمی‌پرداخت و هرگاه از کار خسته و ملول می‌گردید به بوستانی که داشت می‌رفت و به آراستن و پیراستن درختان و گلها پرداخته رفع خستگی می‌کرد.

۱. میکروفیلم رسالهٔ آلات رصد به شمارهٔ ۴۸۱۳ در گنجینهٔ کتابهای خطی کتابخانهٔ دانشگاه است که در جاهای مناسب این ... عکسی از صفحات آن آورده شده است رجوع شود به فهرست کتابهای خطی آستان قدس، شمارهٔ ۵۵۳۸ و ۵۵۹۵.

روزی به اتفاق نجم‌الدین بغدادی به خدمت وی رفتیم در آن وقت فخرالدین مشغول طرح ساختمان برج سه طبقهٔ محکمی برای سلطان بود. تولدش در سال ۵۸۳ و وفاتش در صفر سال ۶۶۷ بوده است[1]».

فریدالدین طوسی حکیم رصدی. ابوالحسن علی‌بن حیدربن علی. با آنکه از حکما و مهندسان بود بر طریقهٔ صوفیه می‌زیست. ابن‌الفوطی گوید: در سال ۶۵۷ به مراغه آمد و به حضور مولانا نصیرالدین طوسی رسید. خواجه در وقتی که می‌خواست اساس رصد را بنیان نهد از او در آن کار یاری جست و بر او اعتماد تمام داشت. فریدالدین مردی جلَد و چابک و کارآمد و نیکو سیرت و خوش اخلاق بود و تا سال ۶۸۰ در مراغه به سر می‌برد.

بعد از آن به بغداد رفت و به خدمت اصیل‌الدین حسن‌بن نصیرالدین طوسی در آمد. بعد از چندی به اصفهان شد و در آنجا رحل اقامت افکند و در سال هفتصد از اصفهان به بغداد خبر رسید که او در روز عید فطر سال ۶۹۹ در اصفهان فوت شده است.

محیی‌الدین مغربی ابوالفتح یحیی‌بن محمدبن ابی‌الشکربن حمید معروف به مغربی از اهل اندلس بود. به شام آمد و به خدمت ملک ناصر پیوست و در وطن خود فقه را به مذهب امام مالک آموخت و پس از واقعهٔ ملک ناصر به مراغه افتاد.

ابن‌الفوطی در مجمع الآداب گوید: «او از اهل تونس بود و در وطن خود فقه را به مذهب امام مالک آموخت و در علم هندسه و مجسطی و اقلیدس و علم به ارصاد از اقران‌گوی سبقت ربود و یگانهٔ روزگار گردید. بعد به دمشق به خدمت سلطان ملک ناصر پیوست و وقتی ملک ناصر در جنگ با ملک معّز عّزالدین ترکمانی شکسته شد محیی‌الدین گریخت و به خدمت خواجهٔ طوسی درآمد و از حکماء رصد گردید[2]».

ابن‌العبری در تاریخ مختصرالدول گوید: «در ۲۷ رمضان سال ۶۵۸ که هلاکو لشکر به شام کشید و بر ملک ناصر دست یافت، ملک ناصر و برادرش ملک طاهر وکلیهٔ اصحاب و یارانش به دست مغول کشته شدند خبرمحیی‌الدین مغربی که از مردم ملک ناصر تنها کسی بود که به سلامت جان بدر برد و کشته نشد».

همو در جای دیگر از آن کتاب گوید: هنگامی که در مراغه بودم مرا با محیی‌الدین مغربی اتفاق ملاقات افتاد و او برای من واقعهٔ خویش را بدین گونه بیان کرد که در روز ۲۴ شوال

۱. مجمع‌الآداب ابن‌الفوطی نسخهٔ عکسی. ۲. مجمع‌الآداب، چاپ هند، ص ۴۳۲.

فصل دوم

بخش یک ـ شرح آلات و ابزارهای نجومی رصدخانه
و
چگونگی کاربرد انها در تئوری و عمل
به ویژه دربارهٔ روشهایی که منتهی به کسب اطلاعات و دانسته‌هایی از حرکات سیارات می‌گرداند

از

مؤیدالدین عُرضی دمشقی

همکار و دستیار

خواجه نصیرالدین طوسی

در

مراغه

۶۵۸ پس از شکست ملک ناصر در خدمت او بودم و او از مولد خویش سؤال می‌کرد. به ناگاه امیری از مغول با پنجاه نفر لشکری در رسیدند و ملک را با تمامی همراهان گرفته و تیغ در ایشان نهاده یک‌یک را به دیار نیستی فرستادند. من چون این حال بدیدم برآوردم و با صدای رسا گفتم: مردی منجم به علم سما و به حرکات کواکب و تنجیم آگاهم مرا با ملک روی زمین سخنی است که با او خواهم گفت. این گفتهٔ من سبب شد که پس از کشتار آن جماعت مرا با دو پسر کوچک ملک ناصر باقی گذاشته و در ردیف خویش سوار کرده به نزد هلاکو آوردند و گزارش امر را به او دادند. هلاکو پس از دانستن حالم مرا به خدمت خواجه نصیرالدین به محل رصد مراغه فرستاد[1].

مؤالدین عُرضی که یکی از حکمای همکار خواجه در رصد مراغه است در مقدمهٔ رساله که در کیفیت ارصاد و شرح آلات و ادوات رصد مراغه نوشته اخلاق خواجه را بیان و توصیف کرده است[2]: هلاکو فرمان داده بود که هر چند مال برای تهیهٔ اسباب و آلات رصدخانه در کار باشد از خزانه واعمال ممالک به او بدهند به علاوهٔ اوقاف کل ممالک محروسه را به اختیار خواجه نهاده بود تا اعشار آن راگرفته در وجه مخارج رصد صرف کند و بر حسب درخواست خواجه جمعی از علمای ریاضی و ماهران در فن نجوم را از اطراف بلاد نیز بخواست تا خواجه را دستیار باشند، از جمله مؤیدالدین عُرضی راکه در علم هندسه و آلات رصد تبحر بود از دمشق و نجم‌الدین دبیران کاتبی راکه در حکمت و کلام و منطق فاضل بود از قزوین و فخرالدین اخلاطی[3] مهندس و تبحر در علوم ریاضی را از تفلیس و فخرالدین مراغه راکه طبیب و در علوم ریاضی استاد بود از موصل و نجم‌الدین کاتب بغدادی راکه در اجزای علوم ریاضی و هندسه و علم رصد مهارت داشت وکاتب صور نیز بوده است از بغداد بخواست[4] و با محیی‌الدین مغربی که مهندس و در علوم ریاضی و اعمال رصد دانا و قطب‌الدین شیرازی و جمعی دیگر از حکما و دانشمندان مانند شمس‌الدین شروانی و شیخ کمال‌الدین ایجی و حسام‌الدین شامی و نجم‌الدین اسطرلابی و سید رکن‌الدین استرابادی و ابن‌الفوطی و صدرالدین علی و اصیل‌الدین حسن پسران خواجه و جمعی دیگر عدهٔ آنان

---

۱. فهرست نسخ عربی، کتابخانهٔ خدیویه، جزء ص ۲۲. ۲. به زیرنویس شمارهٔ ۳ ص ۵۲ همین کتاب مراجعه شود
۳. در روزنامه علمیه: محی‌الدین اخلاطی
۴. جلد دوّم تاریخ‌الفی و جامع‌التواریخ و مجالس‌المؤمنین و در یادداشتهای دانشمند محترم آقای مدرسی چهاردهی راجع به رصد مراغه نام امیرالدین ابهری بر حکمای دیگر افزوده شده که در جای دیگر دیده نشده است.

چون نام دستگاههای رصد در کتابهای مختلف به‌گونهٔ مختلفی نوشته و آورده شده است از این لحاظ نام دستگاهها و مرادف انگلیسی آنها در جدول زیر آورده می‌شود.

شماره	نام دستگاههای رصدخانه در بعضی کتابها	نام دستگاهها در این ترجمه	مترادف آن در انگلیسی
۱	فادین	تراز بنایی	Level
۲	شاخص	شاخص نصف‌النهار	Gnomon and Meridian line
۳	ربع‌دیواری (لبنه)	ربع دیواری جداری	Mural Quadrant
۴	ذات‌الحَلَق	ذات‌الحَلَق	Armillary Sphere
۵	حلقهٔ انقلابین ـ حلقهٔ شامله	حلقهٔ نصف‌النهاری	Meridional Rring
۶	حلقهٔ اعتدالین ـ حلقهٔ استوایی	حلقهٔ اعتدالین	Equator Ring
۷	ذات‌الهدفه‌الثقبتین یا العضاده	دستگاه با دو سوراخ قراولروی	Instrument with Two Apertures
۸	ذات‌الرُبعین	دستگاه با دو ربع	Instrument With Two Quadrants
۹	ذات استوائین	دستگاه با دو خط‌کش مسطرتین	Instrument With Two Rulers
۱۰	آلت ظلی عظیمه	دستگاه‌باتعیین‌سینومی یا ذات‌الجیب والسمت آزیموت	Instruments for Sine & Azimouth
۱۱	آلت ظلی	دستگاه سینوس و سینوس ورس	Instrument for sine & Versed, sine
۱۲	آلت کامله	دستگاه کامل	Perfect inst
۱۳	ذات‌الشعبتین	خط‌کش بطلمیوس	Ruler Ptolomy
۱۴	کرهٔ آسمانی		Celestial Sphere
۱۵	سُدس فخری		Fakhri Sextant

فهرست و نام و کاربرد ابزارآلات در این کتاب در دو قسمت آورده شده است.

قسمت اول

۱. شاخص خط نصف‌النهار

۲. ربع جداری دیواری

۳. ذات‌الحَلَق

۴. حلقهٔ نصف‌النهاری یا حلقهٔ شامله یا حلقهٔ انقلابین

۵. حلقهٔ استوایی یا حلقهٔ اعتدالین

۶. خط کش دیده‌بانی «العضاده»، دستگاهی با دو سوراخ قراولری یا ذات‌الثُقبتین

قسمت دوم

۷. دستگاه دو ربعی (ذات‌الرُبعین)

۸. دستگاه دو خط کشی (ذات‌الأُستوانتین)

۹. ابزاری برای محاسبهٔ سینوس[1] و آزیموت[2] یا آلت عظیمه

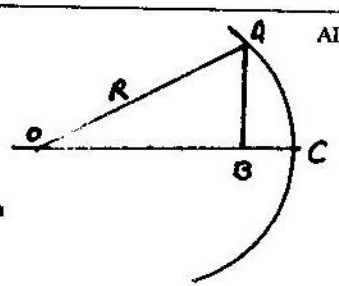
۱۰. دستگاه محاسبهٔ سینوس و سینوس ورس[3]

۱۱. اسباب کامل رصد

۱۲. دو خط کش بطلمیوس یا ذات‌الشعبتین

---

۱. Sin = مقدار طول مقابل به زاویهٔ تقسیم بر واحد $= \frac{AB}{R} = AB$



2. Azimuth

۳. Versed و Sin $= \frac{BC}{OC}$ و چون OC = یک واحد است
پس مقدار آن برابر است با BC

مقدمهٔ کتاب شرح آلات رصد از مؤیدالدین (اف ۶۰ ـ وی ـ اس ۲۳)[1]

حمد و ستایش خاصهٔ خداوند یکتاست و بر ماست که بر پیامبر او حضرت محمّد (صلوات‌الله وسلم) و آل او درود بفرستیم که او ناجی و رهانندهٔ ماست.

این رساله را به تفصیل و مشروح دربارهٔ روش مشاهدات ستاره‌شناسی و کارهای مربوط به آن نوشته‌ام و عبارت از مواردی است که برای کاربردهای عملی و علمی مورد نیاز و لزوم دستگاههای محاسبات علم ستاره‌شناسی؛ به خصوص روشهایی که به اطلاعات و دانستنیهایی از حرکات ادواری سیارات منتهی می‌شوند. بررسیهایی در این باره نموده‌ام که برای آنها چه حالات و نسبتهایی با یکدیگر پیدا خواهد شد، سپس فواصل مربوط به هریک از سیارات و مقادیر آنها را معین کرده‌ام و با انتخاب شعاع کرهٔ زمین که به عنوان واحد انتخاب شده من خود را متوجه به روشی ساختم و طریقه‌ای به وجود آوردم که چگونگی طرز استفاده از ابزارهای ساخته شده معلوم و مشخص شوند آن هم با به‌کار بردن بخشی از علم ریاضی، زیرا این فرضیات و محاسبات نجومی پیش از علوم دیگر ما را به حکمت و قدرتهای الهی هدایت می‌کنند و نشان می‌دهند که علم نجوم از سطح علمی بالایی برخوردار است. از یک طرف به علت بحثهای جالبی که با آن روبه‌رو می‌شویم و از طرف دیگر به خاطر نظریه‌ها و فرضیه‌هایی که به نظر می‌رسند.

موضوع مهم آسمان است: آسمان با شکوهی که خداوندی که ستایش و درود ما بر او باد آن را خلق کرده است. در حقیقت آسمان شگفت‌انگیزترین مخلوق خداوند است که پایهٔ آن براثباتهای ریاضی و هندسی گذاشته شده است. بنابراین ما سعی و کوششمان را به این موضوع معطوف می‌کنیم و خود با توجه بیشتر به آن می‌پردازیم و در این باب مطالعه می‌کنیم.

دانش نجوم باید با مشاهدات و دلایلی همراه باشد، بنابراین رصد آسمان بسیار مهم و ارزشمند است و کار رصد هم براساس و پایهٔ دستگاههای ارصار گذاشته شده است، به همین دلیل چگونگی به‌کار بردن و استفاده از این دستگاهها را شرح می‌دهیم.

پیشینیان و دانشمندان گذشته همانند دانش پژوهان قدیم خود مجموعه‌ای از ابزارهای مختلف را ساخته و تکمیل کرده‌اند، امّا بعضی از آنها خوب ساخته نشده و برخی هم هنگام تکمیل یا تبدیل به انواع دیگر، کاربردشان مشکل شده است، زیرا تکمیل کنندگان آنها سازنده

۱. به ص ۲۰ همین کتاب مراجعهٔ شود.

و صنعتگر دستگاهها نبودند و فقط شکل و طرح آنها را ارائه کرده‌اند. از این لحاظ من برخی از ابزارهای قدیمی را که فقط شرح آنها در کتابها است در پایان مورد بحث قرار می‌دهم.

از ابزارهای دانشمندان گذشته فقط به تشریح بهترین آنها می‌پردازیم و شرحهای مشکل را که مانعی برای رصد بودند از قلم می‌اندازم. به این نوع ابزارها، ابزاری را که خود اختراع و تکمیل کرده‌ام اضافه می‌کنم، زیرا آنچه که از طرف ما ساخته شده ابزارهایی است که خود اختراع یا تکمیل کرده‌ام. اضافه می‌کنم هر آنچه که ساخته شده از بهترین نوع بوده و به طور کامل مورد آزمایش قرار گرفته است.

بخش دوم ـ شاخص خط نصف‌النهار یا شاخص خورشیدی[1]
(اف ۶۰ ـ وی ـ س ۲۴)

برای ساختن ابزار تعیین کنندهٔ خط نصف‌النهار، باید محلی را برای نصب این دستگاه مشخص کنیم که این انتخاب به راحتی میسر است، زیرا انتخاب جای مناسب، کار آسانی است. طرق مختلفی برای این کار وجود دارد. بهترین روش آن است که قدما آن را «دایرهٔ هندی» می‌نامیدند. ارجعیت کاربرد این دستگاه بر سایر دستگاهها در بخش توضیح ساختمان کُره، به طور کامل آورده شده است (اس ـ ۲۵) و کاربرد آن در زمان تحویل خورشید در سال، نتایج دقیقتر و بهتری را نسبت به سایر دستگاهها نشان می‌دهد. برای ساختن این دستگاه از یک سطح کاملاً صاف سنگی یا هموار که سطح آن حدالامکان تسطیح و کاملاً تراز شده باشد استفاده می‌کنیم. سطح آن باید کاملاً صاف و به موازات افق باشد و با تراز بنایی که نوین[2] "Nuinn" نامیده می‌شود کاملاً هموار و دقیق و تسطیح شود؛ چون این دستگاه هم در زمستان و هم تابستان مورد استفاده قرار می‌گیرد، از این نظر قطر قوس دایرهٔ زیرشاخص در زمستان باید ۴ برابر ارتفاع شاخص و در تابستان ۳ برابر ارتفاع شاخص باشد (می‌توان شاخص را از فلز ضدزنگ و به ارتفاع تقریبی دو متر به شکل مخروط ساخت که قاعدهٔ آن ۳۰ سانتی‌متر

---

۱. "Gnomon" گنومون به یونانی به معنای ابزار تعیین کننده و شاخص است که هنوز هم در پاره‌ای از مناطق مصر این دستگاه ساده و مؤثر را به همین نام مورد استفاده قرار می‌دهند.

۲. در هیچ کتابی این نام که به معنی تراز بنایی است آورده نشده یا مترجم این کتاب به آن برخورد نکرده است.

باشد و در کف مسطح کار گذاشته شده باشد.شاخص باید بسیار محکم و ثابت و در مقابل بادهای شدید غیرقابل تکان خوردن باشد[۱]).

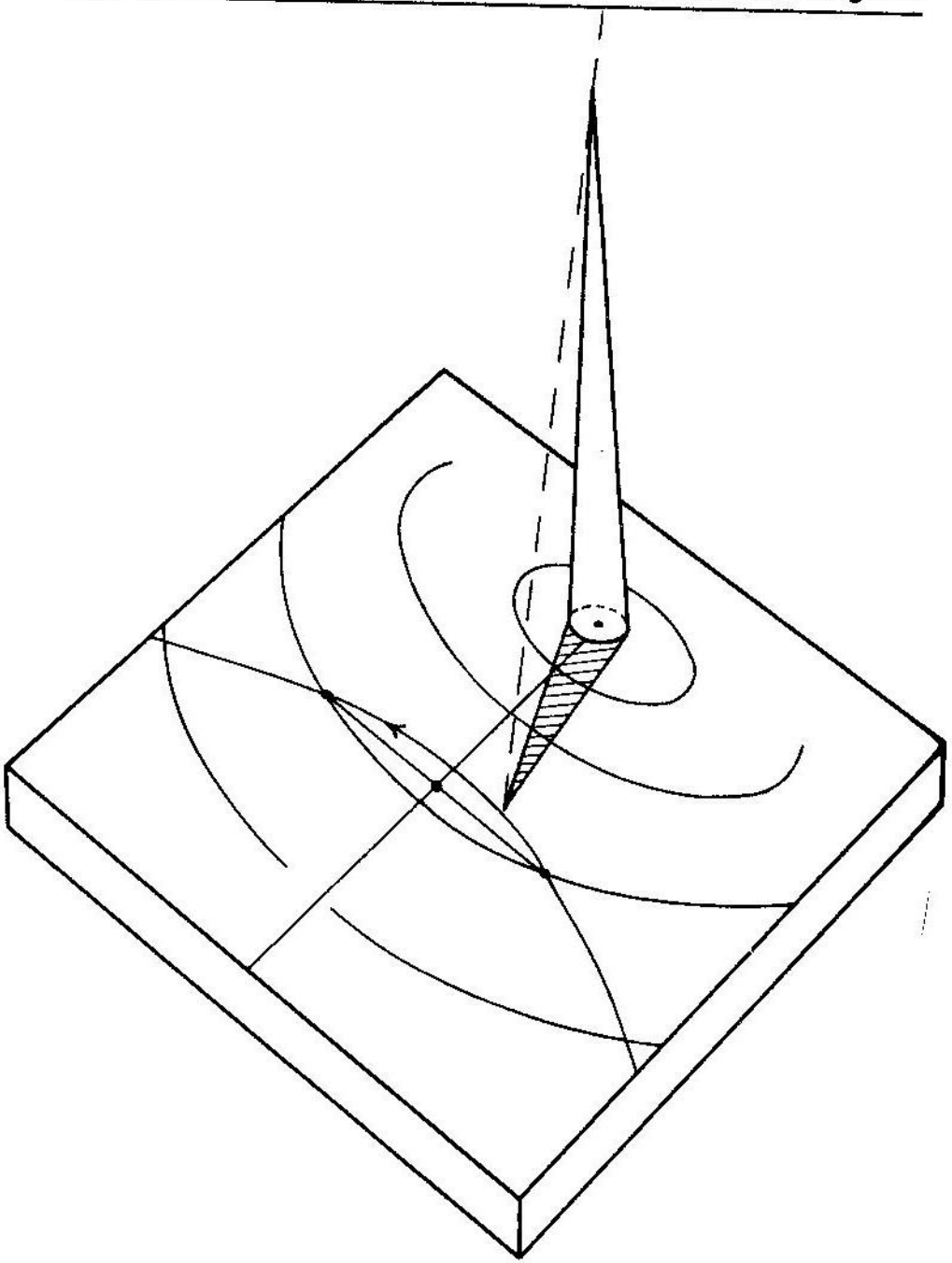
برای تهیهٔ مقدمات ابتدا شاخص را با یک ماشین تراش یا فِرز[۲] می‌تراشیم به ترتیبی که قطعات مخروطی آن دقیقاً روی هم سوار شوند. رأس آن دارای نوک تیز و قاعدهٔ آن باید گرد و مدّور و دقیق باشد. اگر شاخص از مس ساخته شود وزن آن برای قایم نگهداشتنش کافی است، امّا می‌توان آن را از چوب محکم و ثابت و بادوام هم ساخت ، حتی اگر درون مخروط خالی باشد. به هر حال باید سوراخی در آن تعبیه شود که بتوان تا $\frac{1}{4}$ قاعدهٔ مخروط را سرب ریخت تا کاملاً محکم و ثابت بایستد و پس از نصب از جای خود[۳] تکان نخورد[۳].

در داخل سوراخ تاکمتر از یک سوم آن سرب می‌ریزیم تا وزن آن شاخص را قادر سازد تا در محل خود محکم و ثابت نصب گردد. سپس روی سنگ آن محل یا مکانی که قرار است شاخص نصب شود دایرهٔ کوچکی می‌کشیم که قطرش به اندازهٔ قطر شاخص باشد، به طوری که مرکز آن بر مرکز شاخص منطبق شود. محور شاخص دقیق و عمود و راست روی سنگ به طور قایم کار گذاشته می‌شود. پس از قرار دادن شاخص روی سطح مذکور و محکم کردن موقت آن با ملات و مواد دیگر، که به آسانی برداشته شود در مرکز شاخص نصب شده دوایری که یکی بزرگتر از دیگری باشد رسم می‌کنیم (اف ٦١، آر). فواصل این دوایر باید طوری باشد که سایهٔ تولید شده از شاخص با یکدیگر تداخل نکند. وقتی سایهٔ نوک شاخص به محیط هر دایره رسید، نشانه‌ای در محیط آن می‌گذاریم. هر ساعت و هر روز به همین طریق عمل می‌کنیم. زمانی که آفتاب از خط نصف‌النهار محل گذر کرد و کوتاهترین سایه به دست آمد (و قبل از اینکه سایه شروع به بلندتر شدن بکند) و زمانی که سایه در حال خارج شدن از محیط یک دایره و ورود به محیط دایرهٔ دیگری است آن نقطه را علامت می‌گذاریم. این کار را به طور مرتب چند روز انجام می‌دهیم تا جایی که مرحله به مرحله عمل تعیین و تثبیت شود.

۱. رسم بزرگترین دایره برای زمستان و کوچکترین دایره که برای تابستان به کار برده می‌شود به دو طریق امکان‌پذیر است. یکی از طریق تجربه در محل که سایهٔ نوک شاخص را علامت‌گذاری می‌کنیم و دیگری از طریق محاسبهٔ دقیق طول و عرض جغرافیایی محلی که در آن، مرکز رؤیت ساختمان مرکزی رصدخانه بنا می‌شود.

۲. در کتاب اصلی از «چرخ سفالگری» نام برده است.

۳. می‌توان این شاخص که مؤیدالدین تعریف کرده به طریقهٔ آسانتر ساخت، و آن از طریق خم کردن و لوله کردن ورق فلزی است که پس از جوشکاری می‌توان آن را به شکل مخروط دقیق در آورد، اما چون هدف ساختن ابزارآلات به همان ترتیب قدیم است بهتر است به همان طریقه‌ای که مؤیدالدین آن را شرح داده است ساخته شود، یعنی از ورق مس و پر کردن $\frac{1}{4}$ آن از سرب تا اصالت ابزار کاملاً حفظ شود (س. غ).



شکل ۱۰. شاخص و تعیین‌کنندهٔ خط نصف‌النهار یا شاخص خورشیدی

وتر قوس مابین دو نشانه را نصف می‌کنیم و بعد از برداشتن شاخص، نقطه‌های تقسیم‌کننده و مرکز تخته سنگ را با یک خط راست به هم وصل می‌کنیم. این دقیقترین طریقهٔ تعیین خط نصف‌النهار آن محل است. اگر از مرکز، عمودی به این خط رسم کنیم، این خط خط مشرق ـ مغرب خواهد[1] بود.

(اس ۲۷) اکنون به تشریح ابزاری می‌پردازیم که در محدودهٔ رصدخانه‌ای که در شهر مراغه و بر تپه‌ای که در مجاورت غرب شهر و در کنار ده میر ساخته شده می‌پردازیم. برخی از این کارها قبل از سال ۶۳۹ هجری شمسی (۱۲۶۱ میلادی) و برخی بعد از این تاریخ ساخته شده‌اند.

انجام این کارها و ساخت ابزار تحت نظارت مولای ما ناصرالمّلة والدین محمدابن محمدالطوسی صورت می‌گرفت. من گفته‌ها و تعریفهای زیادی دربارهٔ او شنیده بودم و قبل از اینکه او را ببینم تعریف و تمجیدهایی که از او می‌کردند به نظرم اغراق‌آمیز می‌آمد، امّا وقتی که او را ملاقات کردم اعتراف می‌کنم که تمجیدهایی که دربارهٔ او کرده بودند به نظرم کم و ناچیز آمد. روزهایی که با سایر دوستان در خدمت او بودیم و با او کار می‌کردیم، راه‌حلهایی سودمندی که به ما می‌داد بسیار جالب بود و همیشه در هر کار به ما می‌پیوست و ما را به ادامهٔ خدمت خود راغبتر می‌کرد؛ اگرچه در این ایام دور از موطن و خانه و دوستان و فرزندان خود به سر می‌بردیم، او جای خالی دیگران و همهٔ عزیزان ما را پر می‌کرد. شخصی که از مصاحبت او[2] برخوردار است، احساس کمبود نمی‌کند و کسی که او را در کنار خود ندارد مسلماً تمامی این خوبیها را از دست داده است (رس، ۲۸). خداوند او را در میان ما نگه دارد و سایهٔ او را بر سرمان پایدار کند و به ما این عنایت را بفرماید که دعای ما را بپذیرد و به او عمر طولانی عطا کند[3].

۱. خط مشرق و مغرب زمین همان نقطهٔ رصد است نه محل طلوع و غروب خورشید (س. غ).

۲. منظور خواجه نصیرالدین است

۳. مولاناالمعظم و الامام‌الاعظم‌العالم‌الفاضل‌المحقق الکامل قدوةالعلماء و سیدالحکماء افضل علماء الاسلامین بل والمتقدمین و هو من جمع الله سبحانه فیه ما تفرق فی کافة اهل زماننا من‌الفضائل والمناقب‌الحمیدة و حسن‌السیرة و غزارةالحلم و جزالةالرأی وجودة البداهة و الاحاطة بسایرالعلوم فجمع‌العلماءالیه و ضم شملهم بوافر عطائه و کان بهم ارأف من‌الوالد علی ولده فکنا فی‌ظله آنین و برؤیته قرحین کماقیل:

تمیل علی جوانبه کانا ... تمیل اذا تمیل علی‌ابنیا

و تغضبه لتخبرحالتیه ... فتلقی منهما کرما ولینا

و هوالمولی نصیرالملة والدین محمدبن محمدالطوسی ادام‌الله ایامه ولقد کنت:

و استکبر الاخبار قبل لقائه ... فلماالتقینا صغرالخبرالخبیر

ربع جداری دیواری (س ۲۸ ـ ف ۶۱ ـ ر)

یکی از ابزارهایی که ساختن آنها تحت نظارت و سرپرستی ما انجام شد دستگاهی بود که بطلمیوس آن را «لبنه[1]» نامید ولی ما آن را «ربع» نامگذاری کردیم. ساختمان آن از آجر و ملات و دیواری اندود شده به پهنای مشخص که درازای آن از جنوب تا شمال امتداد می‌یابد آن هم به موازات و در جهت خط نصف‌النهار. طول آن شش و نیم ذرع هاشمی یا ذرع نجومی (۴/۱۶ متر) است. بلندی آن همین اندازه و ضخامت آن باید یک ذرع (۰/۶۴ متر) باشد. در سطح و جبهه یا نمای دیوار که رو به مشرق است (اف، ۶۱ ـ وی) میخهای چوبی محکمی را به طول یک فِطر (۱۶ سانتی‌متر) در بالای دیوار نصب کردیم، سپس میخهای چوبی دیگری را که دارای فواصل متساوی‌اند در ردیف و در امتداد ربعی از یک دایره به ترتیب قرار دادیم که از گوشهٔ جنوبی پایینی قوس ربع دایره تا گوشهٔ شمالی بالایی امتداد می‌یابند (رس، ۲۹) و به چوبهای لبه‌دار کشویی محکم می‌شوند و دستگاه ربعی را که اکنون درباره‌اش بحث می‌کنیم نگه می‌دارند. دستگاه «ربع» جداری باید از چوب ساجی که از هندوستان آورده می‌شود ساخته شود. از این چوب ربع دایره‌ای را به ترتیبی می‌سازیم که دو شعاع قوسی عمود بر هم در مرکز به هم متصل شوند. می‌دانیم که هر ذرع مقداری کمتر از سه وجب است، پهنای این قوس چوبی نسبت به پهنای ساختمان ربع اصلی برابر با یک چهارم ذرع است (۱۸ سانتی‌متر). آنها را به طریقی محکم می‌کنیم که ربع لبه‌های آن کاملاً منطبق در جای خود قرار گرفته و خم نشوند. ربع چوبی با وصل کردن قطعات منفرد به یکدیگر و سفت کردن محکم انتهای آنها تا آنجاکه ممکن است با لبه‌ها کامل می‌شود.

بعد از اینکه سطح ربع تا آنجاکه ممکن است صیقل داده شد روی قوس را از وسط سطحش به عرض سه‌انگشت دست (۷/۵ سانتی‌متر) و عمق یک و نیم انگشت (۳/۷ سانتی‌متر) برش می‌دهیم، به طوری که کشوی گودی درست شود. حال شکل قوس ربع دایره‌ای را مانند کشویی که روی قوس ربع چوبی کنده بودیم از مس می‌سازیم که اندکی عریضتر از سه انگشت و چیزی ضخیمتر از یک و نیم انگشت خواهد بود، به‌طوری که در گودی چوب کشودار به خوبی نصب گردد. ربع مسی با میخ به ربع چوبی محکم می‌شود. سطح ربع مسی تا آنجاکه

فلله ایاما جمعتنا بخدمته و ابهجتنا بفوائده و ان کانت قدا بعد تناعین الاوطان والعشیرة والولدان فان فی وجوده عوضا عن غیره و من وجده فما فاته شئی و من فاته فقد عدم کل شئی فلا اخلاناالله و امتعنا بطول بقائه»

1. LIBENA

امکان داشته باشد باید صاف و مسطح باشد. دقت آن را با ابزار طرازبندی اندازه گیری و کنترل می‌کنیم (رس، ۳۰). سپس مرکز قوس ربع مسی را که زاویهٔ قائمه است و از دو شعاع قائم برهم به دست آمده، که در حقیقت همان انتهای ربع چوبی بر سطح ربع مسی است که حول مرکز می‌چرخد، به نود قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم. سپس هر کدام از این قسمتها را به شصت قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم. باید با دقت و مراقبت بسیار انجام گیرد و روی سطح خارجی حکاکی شود (شکل ۱۲).

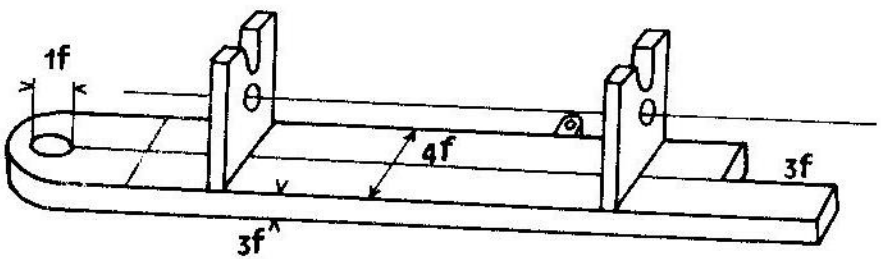
ابتدا سطح فلز به هیجده قسمت مساوی تقسیم می‌شود. بر هر یک از علامت تقسیمها عدد پنج را می‌نویسیم که از قسمت پایینی انتهای ربع آغاز و به قسمت بالایی انتهای دیوار رو به شمال منتهی می‌شود (به ترتیب اعداد ۵ - ۱۰ - ۱۵ - ۲۰ و ... ۹۰) به طوری که در زمان استفاده و قراولروی ما به آسمان ارتفاع نیمروز یا خورشید مشخص می‌شود.

ربع با دو لبه که در پشت قوس و شعاعهای چوبی ساخته شده‌اند با میخ محکم می‌شود. مرکز نور ربع روی گوشهٔ جنوبی بالایی دیوار می‌افتد (اف، ۶۲ - آر) به شکل ۱۲ - ب. دو شعاع واقع بر ربع یکی عمود و دیگری به موازات افق خواهند بود.

سطح مشرق ربع مسی بیشتر در صفحهٔ نصف‌النهار قرار خواهد گرفت و خطی از مرکزش به انتهای جنوبی ربع داخل حوزهٔ زینط (یا منطقه‌البروج) خواهد شد. این عمل به سادگی با میزان کردن آن در امتداد خط نصف‌النهار که در سطح افق وجود دارد انجام می‌گیرد. بعد از آزاد کردن و نصب آن به طوری که شرح داده‌ایم، گوشه‌های آن را با میخ محکم می‌کنیم، به‌طوری که دیگر نتواند حرکت کند، سپس کلیهٔ لبه‌ها را در کناره‌ها محکم می‌کنیم.

در مرکز ربع یک سوراخ مدور تعبیه می‌کنیم و در آن یک میلهٔ آهنی گرد به ضخامت یک انگشت (۲/۵ سانتی‌متر) عمود بر صفحهٔ ربع قرار می‌دهیم که به عنوان محور و پاشنه برای یک خط کش ساخته شده از چوب ساج به‌کار خواهد رفت. خط کش مقداری بلندتر از شعاع ربع و پهنای آن (اس، ۳۱) چهار انگشت (۱۰ سانتی‌متر) و ضخامت آن مقداری کمتر از این است (حدود ۷ سانتی‌متر) تا آنجا که ممکن است آن را مسطح و صاف درست می‌کنیم و دو سرش را با ورق مسی می‌پوشانیم. پهنای آن را به دو قسمت تقسیم می‌کنیم. در یکی از سرهای آن سوراخ مدوری برابر با محور پاشنه‌ای که بدان اشاره رفت درست کنیم. سایر قسمتهای این خط کش را مانند شکل (۱۲/الف - ب) بسازیم. در انتهای آزاد خط کش در طرف خط تقسیم

کننده که از مرکز می‌گذرد قطعه‌ای به طول سه انگشت (۷/۵ سانتی‌متر) جدا می‌کنیم. از این طریق شاخصی به دست می‌آوریم که با آن فواصل زاویه‌ای ستارگان منطقه‌البروج را (زینط) که بر مقیاس ربع ساخته شده برای ما قابل خواندن می‌کند.



شکل ۱۱. خط‌کش با، دو دیدگاه قراول‌روی

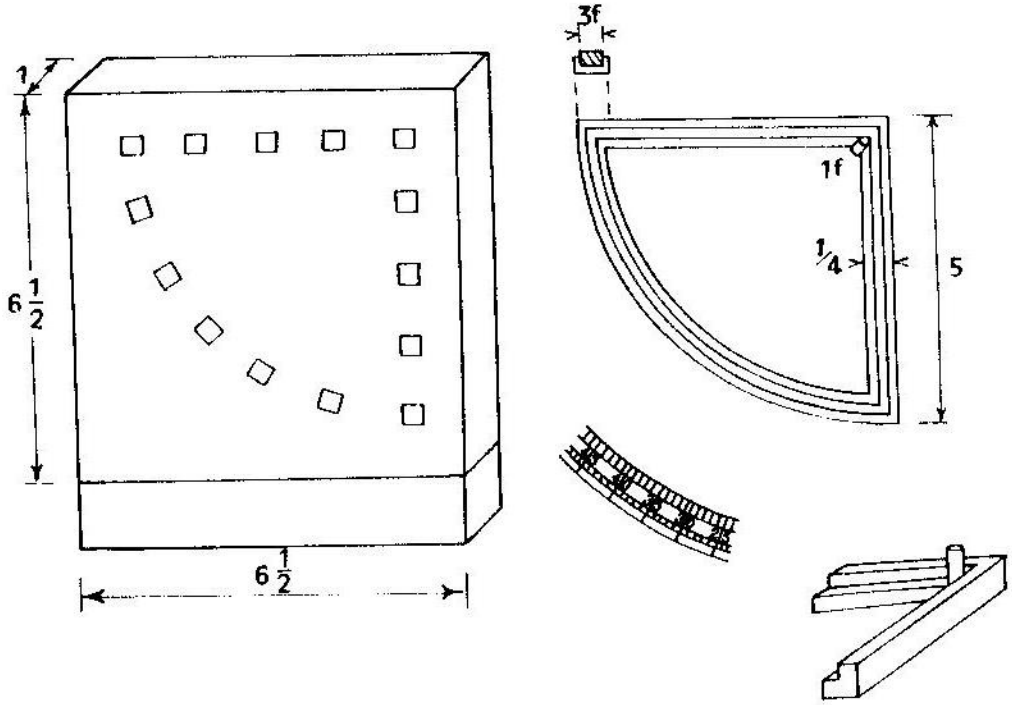
خطی که از شعاع دید ما عبور می‌کند، با تقسیمات مربوط به مرکز ربع، از مرکز (کره) خورشید گذر خواهد کرد و درجه‌ای را نشان خواهد داد. شکافی که در خط کش وجود دارد این قراولروی زمانی به دست می‌آید که مراکز سوراخهای دو دیدگاهها که در خط کش به وجود آمده‌اند بر خطی که محور ربع را قطع می‌کند واقع شوند و امتداد یابند و از آنجایی که دو خط راست و موازی به هم نمی‌رسند قرائت زاویه‌ای اشکالی نخواهد داشت. منظور این است که خط دید از یکی از مرکز سوراخهای قراولروی گذر می‌کند، در حالی که دیگری از محور پاشنه‌ها و از خط تقسیم‌کنندهٔ خط کش که در امتداد لبهٔ شاخص قرار دارد با درجهٔ ارتفاع روی ربع از مرکز آن می‌گذرد.

صنعتگرانی که این نوع خط کشهای نشانه روی را برای اسطرلابها می‌سازند، توجه و دقت زیادی در ساخت آنها نمی‌کنند از طرف دیگر دقیقه‌ها و شمارشهای ابزار بزرگ باید تقسیم‌بندی ریزتری داشته باشد، امّا در دستگاههای کوچک این اختلاف تقسیم‌بندیهای ریز و نزدیک به هم هستند که تداخل زیادی را سبب می‌شوند.

در انتهای آزاد خط کش که جای قرقرهٔ چرخنده بر محور خود در انتهای بالایی دیوار باید

وجود داشته باشد شکافی وجود دارد که ریسمانی به آن وصل می‌گردد که از آن تکیه گاه و از روی قرقره می‌گذرد و وزن خط کش را تحمل می‌کند.

قسمت پایینی ربع مقدار کمی بیشتر از یک زراع (۶۴ سانتی‌متر) بالای سطح زمین ساخته می‌شود، همان‌طوری که در شکل ۱۲/الف دیده می‌شود:



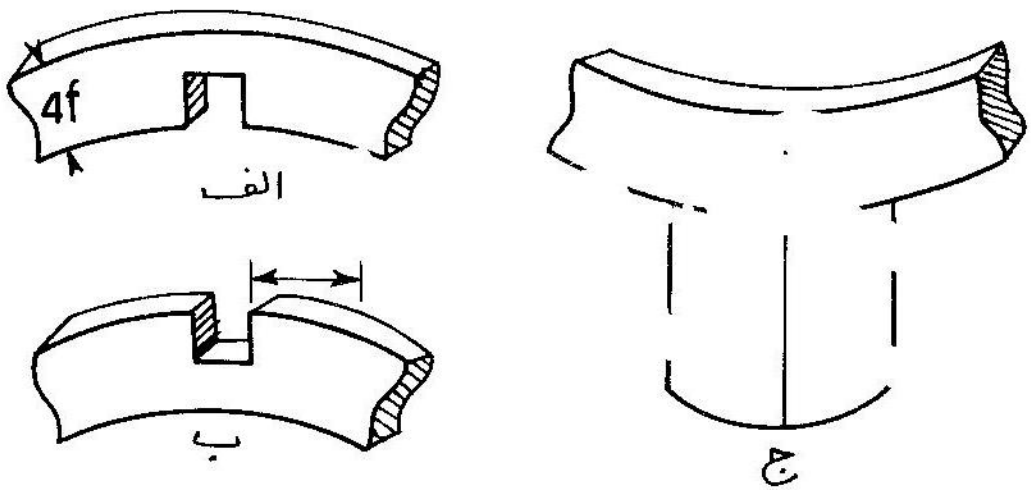
شکل ۱۲. دیوار با میخهای چوبی و ربع مدرج

در این شکل میخهای چوبی و ربع بر سطح غربی دیوار نقش و ترسیم کردیده‌اند، همانند آنکه در نگارهٔ نسخه خطی ترسیم شده است. در حقیقت ربع بر سطح دیوار شرقی، همچنانکه در متن به طور صحیح بیان گردیده، ترسیم شده است.

شکل ۱۳. ذات‌الحلق یا ربع جداری از کتاب اصلی

ذات‌الحَلَق (اف ۶۲ ـ وی، اس ۳۵)

در لیست ادوات و اسبابهایی که در این رصدخانهٔ ارزشمند ساخته‌ام دستگاهی است که جای ۶ حلقهٔ بطلمیوسی آن را با پنج حلقه ساخته‌ام مسلماً احتیاجی به ساختن آن با ۹ حلقه که (ثاون) ساخته و در رصدخانهٔ اسکندریه به آن اشاره کرده نداریم. ابتدا دو حلقهٔ دایره‌ای پهن را که مقطع مستطیلی دارند، با سطوح متوازی یک اندازه و برابر با قطر (داخلی) حلقه‌ها، که برای نمونه ساخته می‌شوند و سه زراع رصدی‌اند (۱/۳۸ متر) با پهنای چهار انگشت دست (۱۰ سانتی‌متر)، انتخاب می‌کنیم (به شکل ۱۴ مراجعه کنید). یک حلقه برای منطقةالبروج «زودیاک» و دیگری یعنی حلقهٔ حامل برای خط‌سیر که از قطبها، و استوا می‌گذرد (شکل ۱۴/ الف ـ ۱۴/ب).



شکل ۱۴. الف. برشهای درون حلقهٔ زودیاک (منطقةالبروج) و حلقهٔ حامل (شکل ۱۴/ب) یا حلقهٔ نصف‌النهاری و شکل ۱۴/ج پایه دستگاه است.

در صفحهٔ داخلی که حلقهٔ حامل نام دارد دو برش متسطیلی شکل مخالف حلقهٔ زودیاک یا منطقةالبروج درست می‌کنیم. این شکاف نصف پهنای سطح حلقه‌ها و به شکل مربع است. ح خمیدهٔ حلقهٔ زودیاک را هم به همان ابعاد و شبیه برشهای حلقهٔ حامل برش می‌دهیم. (رس، ۳۶).

برش دوم حلقهٔ حامل را به اندازهٔ یک وجب (۲۱ سانتی‌متر) در یک سمت و در عمق نصف برش اولیه به‌وجود می‌آوریم. با این کار، جفت شدن و در درون هم رفتن حلقهٔ حامل در حلقهٔ زودیاک آسان می‌شود.

یک حلقه عمود بر دیگری بوده سطح برجستهٔ خارجی دایره بر سطح مقعر و داخلی منطبق د شد. بعد از صیقل و صاف کردن کامل سطوح و بررسی اشکال مدور آنها و جفت و ف کردن آنها تا حد ممکن حلقه‌ها باید به یکدیگر وصل شوند.

سپس یک گوهٔ مسی را که دقیقاً در دهانهٔ هر یک از برشها در حلقهٔ حامل قرار می‌گیرد به دستگاه وصل می‌کنیم. حال اگر صنعتگر با تجربه و دقیق باشد گوهٔ مسی را چنان محکم داخل شکاف قرار می‌دهد که احتیاجی به چفت و بست نداشته باشد.

حال حلقهٔ سومی می‌سازیم که سطح برجستهٔ خارجی آن بر سطح داخلی دایرهٔ دوّمی کاملاً منطبق باشد. ضخامت آن برابر ضخامت دو حلقهٔ دیگر و قطر آن بر طر داخلی حلقهٔ دوّم است، امّا پهنای آن به اندازهٔ یک انگشت (۲/۵ سانتی‌متر) کمتر از پهنای دومی است (اف، ۶۳ ـ آر). آن را با یک سوهان و کنترلهای متوالی و با چرخش یک پرکار شوری بررسی می‌کنیم که سطوح داخلی و خارجی آن دقیقاً مدور وگرد باشند.

برای نصب حلقه‌های همسطح که ضخامتهای مختلفی دارند ... تهای مناسبی ... می‌بریم. هر یک از این بستها یک فطر (۱۶ سانتی‌متر) ضخامت و دو انگشت (۵ سانتی‌متر) پهنا دارند. حلقهٔ سومی «حلقهٔ بزرگ یا عرض جغرافیایی» نامیده می‌شود (اس، ۳۷) که در محور خود و به دور قطبهای زودیاک و بالای سطح خارجی حلقهٔ مربوط به آن می‌چرخد.

حلقهٔ چهارمی که «حلقهٔ نصف‌النهاری» نامیده می‌شود، دستگاهی است عریضتر از حلقه‌ای که بحث آن را قبلاً کردیم این حلقه باید تحمل سنگینی حلقهٔ دیگر را داشته باشد. قطر آن باید بزرگتر از حلقهٔ سومی باشد تا سطح تورفته و مقعر آن سطح بیرون آمده و محدب قبلی را لمس کند. پهنای آن پنج انگشت ۱۲۱ سانتی‌متر) است.

برای دو مکان متوالی و مقابل هم در یک سطح، صاف حلقه‌های تقویتی و بست‌هایی که ابعاد آنها سه انگشت (۷/۵ سانتی‌متر) و یک انگشت (۲/۵ سانتی‌متر) است و متشابه حلقهٔ بزرگ عرض جغرافیایی است به کار می‌بریم. منظور از این بستها، تقویت محلهایی است که سوراخهایی برای دو قطب دارند. در این سوراخها محورهایی قرار دارند که حلقه‌ها در آنها به دور خودشان می‌چرخند. کرهٔ این محورها به قطبهای استوایی مربوط می‌شود. در سطح محدب «حلقهٔ خط نصف‌النهاری» یک پایه که امتداد آن به شکل قوسهای مدور ساخته و پرداخته شده قرار می‌دهیم. طول آن و پهنای آن یک دوم زراع (۳۲ سانتی‌متر) است. ضخامت آن برابر بلندی حلقه است و وسط پایه روی ستونی قرار دارد، بعداً به طور مفصل به شرح آن خواهیم پرداخت. سطوح صاف و هموار مقعر و محدب و داخل و خارج باید با یک سوهان، کاملاً صاف و پرداخت شود. حال حلقهٔ پنجمی به نام «حلقهٔ کوچک عرض جغرافیایی» می‌سازیم که در حقیقت کوچکترین حلقه‌هاست همانند حلقهٔ بزرگ عرض جغرافیایی که به دور قطبهای زودیاک می‌چرخد. این حلقه باید قدری از دو حلقهٔ اولیه کوچکتر باشد تا سطح محدب و مقعر آن با سطوح مقعر و محدب آنها کاملاً مماس باشد. ضخامت آن (اس، ۳۸) برابر با ضخامت حلقه‌های دیگر است. پهنای آن باید دو انگشت (۵ سانتی‌متر) باشد. در دو محل و مقابل یکدیگر از سطح تورفته و مقعر این حلقه یک خط کش مسی نصب می‌کنیم که به همان ضخامت حلقه است. در مرکز سوراخ شدهٔ خط کش روی محور آن خط کش رصدی فرو می‌کنیم. برای تقویت و محکم کردن خط کش، سوراخ را در اطراف مرکز تعبیه می‌کنیم دایرهٔ آن بزرگتر خواهد بود.

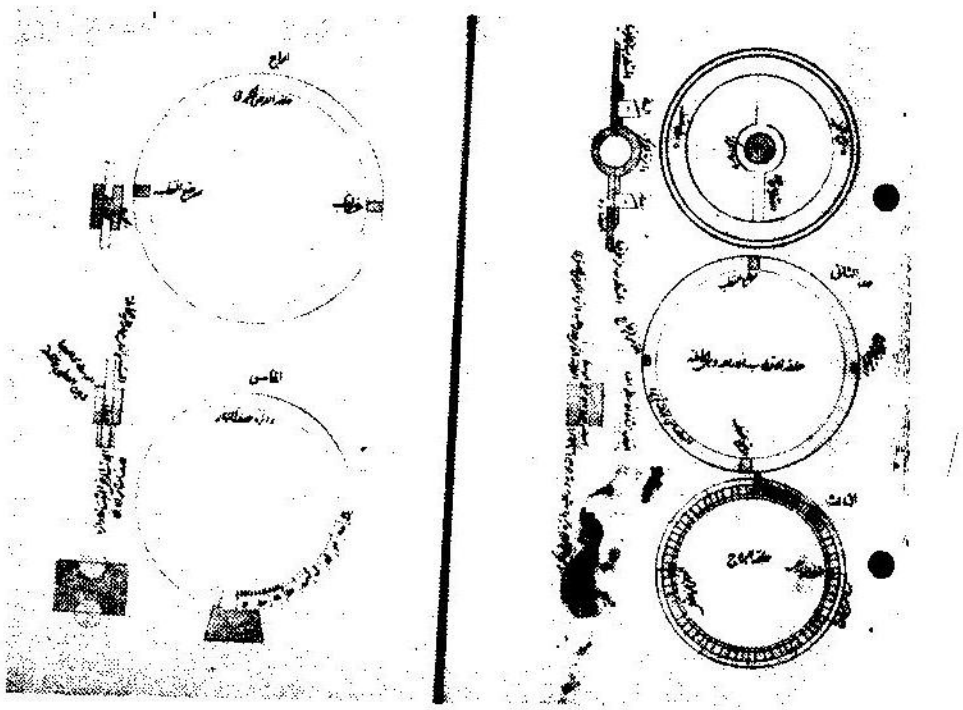
بهتر این است در همان ابتدا ساختن این حلقه هم شروع شود، زیرا مرکز آن مرکز تمامی حلقه‌هاست. پس از اینکه سطوح داخلی و خارجی و سطوح هموار و صاف آن را با شکلهای دقیق و صحیح بررسی کردیم، سطوح داخلی و خارجی حلقه‌های زودیاک و حلقهٔ حامل را کنترل می‌کنیم تا به راحتی قابل اجرا باشد. اگر سطح خارجی حلقهٔ دومی را با سایر حلقه‌ها بررسی کنیم تطبیق مجدد سطوح حلقهٔ بزرگ عرض جغرافیایی هیچ اشکالی نخواهد داشت و با سطح خارجی آن و همچنین سطوح داخلی و خارجی حلقهٔ نصف‌النهاری، به راحتی قابل انطباق خواهد بود.

برای به اجرا در آوردن حلقه‌ها و بررسی آنها حلقه‌ها را روی یک سطوح صاف قرار

می‌دهیم، به طوری که هر حلقه دور حلقهٔ دیگر و در درون آن قرار بگیرد. چهار حلقه از پنج حلقه را که هم پهنا هستند به ترتیب داخل یکدیگر جای می‌دهیم، بنابراین آنها از داخل به خارج نصب می‌شوند، به این ترتیب: حلقهٔ کوچک عرض جغرافیایی، دو حلقهٔ بزرگ برابر با هم، حلقهٔ بزرگ عرض جغرافیایی، و حلقهٔ نصف‌النهاری (وی - ۶۳، الف).

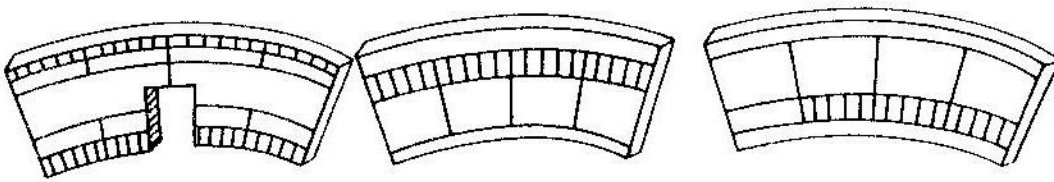
حال اگر یک حلقه را در داخل حلقهٔ دیگر به چرخانیم و دو حلقه با اندازه‌های برابر را با هم مقایسه کنیم، به راحتی خواهیم توانست صافی و انطباق و سطوح داخلی و خارجی (اس، ۳۹) را بیازماییم.

این طریقهٔ بررسی حلقه‌ها که در داخل همدیگر قرار می‌گیرند، دقیقتر از بررسی سطوح دوایر حلقه‌ها با پرگار خواهد بود.



شکل ۱۵. ذات‌الحَلَق و حلقه‌های درونی آن از کتاب اصلی

وقتی ساخت و بررسی حلقه‌ها به پایان رسید، به تقسیم کردن درجه‌های حلقه‌ها می‌پردازیم. فقط سه حلقه باید به درجه‌ها تقسیم شوند که عبارتند از حلقهٔ زودیاک یا منطقةالبروج، حلقهٔ کوچک عرض جغرافیایی، و حلقهٔ بزرگ عرض جغرافیایی یا به جای آن حلقهٔ نصف‌النهاری. دربارهٔ حلقهٔ زودیاک، با رسم دو قطر عمود بر هم آن را به چهار ربع تقسیم می‌کنیم و قطرهای آن را کاملاً عمود بر هم رسم می‌کنیم تا از مرکز عبور کنند. هر چهار طرف ربعها را به نود قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم[1]. این تقسیمات در هر چهار قسمت انجام می‌گیرد و ادامه می‌یابد. بنابراین بر لبه‌ها و کناره‌های سطوح و در کنار هم یک مقیاس تقسیمات به دست می‌آوریم که یک نود قسمتی را وسط هر یک از سطوح به جا می‌گذارد. علامت تقسیم باید دقیقاً در وسط کشویی باشد (شکل ۱۵/ الف). این فاصله به دوازده زمینه برای علایم زودیاکی تقسیم می‌شود که روی آنها صورتهای فلکی منطقةالبروج نوشته می‌شود. اغلب می‌توان در کنار اسامی برجها علایم آنها را هم گذاشت که در بعضی موارد ذکر علایم ضروری نیست و کاری است که هنگام رصد می‌توان بدان پرداخت.



شکل ۱۶. مقیاس و درجات بر حلقه‌های مختلف

۱. قسمت فوقانی حلقهٔ زودیاک را امروزه به ۳۶۵ قسمت تقسیم می‌کنند، سپس در هر فاصله که یک دوازدهم حلقه است به اندازهٔ کافی، مانند شکل ۱۵/الف است باز می‌کنند، سپس فاصلهٔ محور هر شکاف تا شکاف دیگر را برای ۶ ماههٔ اوّل ۳۱ قسمت برای شش ماههٔ دوّم به ۳۰ قسمت تقسیم می‌کنند تا هر خانه به ۵ قسمت ۶ تایی تقسیم شود و خط درشت‌تری را برای تقسیمات ۵ گانه رسم می‌کنند. مؤیدالدین دایرهٔ منطقةالبروج را به ۳۰۰ روز تقسیم کرده بود و ۵ روز مستسرقه را بعداً اضافه کردند. طول ماههای فصلها به این ترتیب بوده است: سه ماههٔ بهار، سه ماههٔ تابستان، سه ماه پاییز، سه ماههٔ زمستان (س. غ).

اوّل از همه نام «Cancer» یا خرچنگ که برج سرطان است در زمینهٔ جایی که میانهٔ دو بریدگی و شکاف است حک می‌شود و بر سه سطوح هم مرز حلقه‌ها نقش می‌گردد. به همین ترتیب برج «بزغاله Capricorn» یا برج جَدی را علامت‌گذاری می‌کنیم. حلقهٔ «منطقةالبروج» را مقابل برش روبه‌رویی قرار می‌دهیم. به همین ترتیب باقی علایم منطقةالبروج را در ردیف معمول ماهها ادامه می‌دهیم. در این عمل، روی سطح بین هر یک از علایم منطقةالبروج تقسیماتی به درجه و همچنین تقسیمات جداگانه‌ای از درجات را پنج به پنج تقسیم می‌کنیم. وقتی حلقهٔ دایرةالبروج (اس، ۴۰) و حلقهٔ حامل روی هم سوار شدند، باید مراقب باشیم که برش حلقهٔ دایرةالبروج در جایی که ابتدای برج سرطان پیدا می‌شود، به قطب شمال خط استوا که به حلقهٔ حایل نامگذاری شده نزدیک باشد (به شکل مراجعه شود). اسامی باقی‌ماندهٔ ماههای منطقةالبروج از راست به چپ نوشته می‌شوند. حلقهٔ کوچک نصف‌النهاری هم به چهار ربع با دو قطر عمود بر هم تقسیم می‌شود. در ابتدا حلقهٔ مسی را با رسم قطرش به دو قسمت تقسیم می‌کنیم و از مرکز آن حلقه قطر دوّمی عمود بر آن رسم می‌کنیم، سپس هر ربع به نود درجه تقسیم می‌شود (به ترتیب زیر).

بر یکی دیگر از سطوح حلقه که متصل به دایرهٔ خارجی دومی و با آن متحدالمرکز است، دایرهٔ سومی می‌سازیم که پهنای آن نصف مجموع دایرهٔ اوّلی و دوّمی است. چهار ربع نوار سطح خارجی حلقه را به نود درجه قسمت می‌کنیم که در حقیقت به چهار ربع نوار پهن تقسیم می‌شود که هر تقسیم را به پنج قسمت کرده شماره‌های پنج و ده و پانزده و غیره را روی این تقسیمات می‌نویسیم. تقسیم درجه از انتهای قطر اولی آغاز می‌شود و به انتهای قطر دومی ختم می‌گردد، که هر دفعه مقدار نود درجه را نشان می‌دهد. حلقهٔ نصف‌النهاری یا حلقهٔ اوّلی با دو قطر عمود بر یکدیگر به چهار ربع تقسیم شده آن هم به طریقی که یک قطر از وسط پایه گذر کرده است. حال در درون (اس، ۴۱) مرکز حلقهٔ نصف‌النهاری، سه دایرهٔ متحدالمرکز ساخته شده و در ساختن این دوایر فاصلهٔ مابین دایرهٔ خارجی و بعدی داخل آن به ترتیب ۵ و ۳ و ۴ و ۲ واحد خواهند بود که سطح هر حلقه بین دو سطح محصور است. سطح حلقه به نود درجه برای هر ربع حلقه تقسیم می‌شود، سپس زمینهٔ خارجی پهتر را به هیجده ۱۸ قسمت ۵ درجه‌ای تقسیم می‌کنیم که از انتهای قطر اولی شروع شده به انتهای قطر دومی ختم می‌شود. هر مورد نود درجه است و تا آنجا که میسر است می‌توان ۹۰ درجه را به تقسیمات کوچکتری

تقسیم کرد. جاگذاری و نصب و ساختمان میله‌های محورها و حامل حلقه‌ها را به روش متداول نمی‌سازیم، بلکه من روش مخصوصی را ابداع کرده کار جدیدی ارائه داده‌ام* که اکنون دربارهٔ طریقهٔ آن به بحث می‌پردازیم. با اجرای این روش به موفقیت بزرگی نایل می‌شویم و با به‌کارگیری آن تکیه‌گاه و چرخش دستگاه همیشه در حالت خوب و عالی که تنظیم شده است باقی می‌ماند. به خصوص بر کارکرد و نگهداری و استقامت میلهٔ محورها که خیلی حساس‌اند می‌توان کاملاً تکیه کرد.

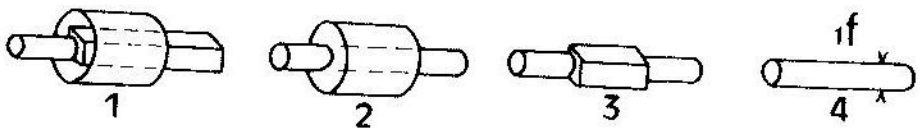
ساختمان دو میلهٔ محور را که نمایانگر قطبهای استوا هستند میلهٔ محور بالایی شمارهٔ ۱ می‌نامیم که مربوط به قطب شمال زمین است و از روی زمین قابل رؤیت است. سر مسطح آن را به سطح داخلی حلقهٔ نصف‌النهاری محکم می‌کنیم که دارای شکل یک دیسک صفحه مستطیلی به ضخامت یک انگشت کوچک (۱/۶ سانتی‌متر) و پهنای یک سوم انگشت (۸ میلی‌متر) و طول پهنای حلقهٔ بزرگ عرض جغرافیایی است شکل ۱/۱۷ (S 42). آن قسمت از محور که در فضای بین حلقهٔ نصف‌النهاری و حلقهٔ حامل قرار دارد با طولی برابر با پهنای حلقه بزرگ عرض جغرافیایی و صاف و مسطح است که برای تقویت و استحکام آن باید آن را با یک پوشش مدور مجهز گردانیم. قسمت باقی‌ماندهٔ محور را با ضخامت یک انگشت به شکل مدور استوانه‌ای و با طول پهنای حلقهٔ حامل که در آن می‌چرخد می‌سازیم.

میلهٔ محور دیگری که در مقابل محور اوّلی روی حلقهٔ نصف‌النهاری قرار دارد استوانه‌ای مدور است که ضخامت آن به اندازهٔ ضخامت قطر محور قبلی است یعنی به اندازهٔ یک انگشت (۲/۵ سانتی‌متر) و طول آن یازده انگشت (۲۷/۵ سانتی‌متر) است. قسمتی از محور در فضای بین حلقهٔ نصف‌النهاری و حلقهٔ حامل با یک مهرهٔ ضخیم احاطه و محصور شده است. این مهره به عنوان حایل و نگهدار حامل عمل می‌کند و از تغییر جهت محورها روی میلهٔ دومی جلوگیری می‌کند. بلندی مهره به اندازه ضخامت حلقهٔ بزرگ عرض جغرافیایی است. شکل محورهای حلقه‌های عرض جغرافیایی مربوط به قطبهای خسوف و کسوف است.

قسمت میانی محور بالایی شمارهٔ ۳ شکل ۱۷ مربوط به قطب شمال خسوف و کسوف، مقطع مربعی است به صورت منشور به بلندی ضخامت حلقهٔ حامل. قسمتهای بخش میانی در هر طرف به شکل استوانه‌ای با قطری برابر هم و به ترتیب به بلندی پهناهای ضخامت حلقه‌های

* ـ مظفر مؤید الدین است.

عرض جغرافیایی بزرگ و کوچک درست شده است که قسمت کوچکتر در دو قسمت بالایی بر محور خودش می‌چرخد.



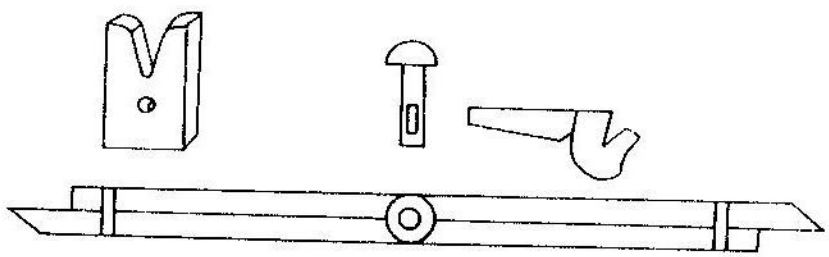
شکل ۱۷. میله و مهرهٔ محورهای مختلف

میلهٔ محور شمارهٔ ۴ شکل ۱۷ در سمت مخالف این محور مربوط به ملاحظات و رصد قطب جنوب و خسوف و کسوف، محوری است استوانه‌ای با همان قطر، یعنی به اندازهٔ یک انگشت. طول محور آن هشت انگشت (۲۰ سانتی‌متر) است یعنی برابر با مجموع ضخامت پهناهای حلقه‌های حامل و حلقه‌های عرض جغرافیایی (۴۳، اس). در میانهٔ سطح حلقهٔ نصف‌النهاری شکاف مستطیلی شکلی برش داده می‌شود (وی ـ ۶۴، اف) که در آن قسمتهای انتهایی مسطح محور قطب استوا باید میزان شود. فاصله (زاویه‌ای) از میانهٔ این شکاف تا سمت‌الرأس، مثلاً نقطهٔ مقابل میانهٔ پایه، برابر با متمّم عرض جغرافیایی محل رصد است که در مراغه ۵۲ درجه و ۴۰ دقیقه است. دستگاهی که «ربع» خوانده می‌شود قبل از دیگر دستگاهها مورد بحث قرار می‌گیرد، زیرا عرض جغرافیایی محل رصد و انحراف و کجی خسوف و کسوف با آن قابل تعیین هستند. جای شکافها با گوه محکم می‌شود. در مقابل (شکاف نیمهٔ شمالی حلقهٔ نصف‌النهاری) سوراخ مدوری برای (محور قطب) می‌سازیم. سوراخهای حلقهٔ «ربع» از حلقهٔ زودیاک (منطقةالبروج) فاصله دارند و در میانهٔ حلقهٔ حامل قرار می‌گیرند. در میانهٔ پهنای قسمت شمالی «حلقهٔ حامل» سوراخ مربع شکلی به اندازهٔ قطعهٔ میانی مربع از میلهٔ

محوری ذکر شده می‌سازیم که در جهت مقابل آن قرار دارد و به شکل مدور به اندازهٔ محور آن است. در این «حلقهٔ حامل» دو سوراخ مدور مختلف‌الجهت در مقابل یکدیگر قرار دارند که در دور آن تمامی بقیه می‌توانند با یکدیگر به چرخش در آیند. فاصله از قطب شمال تا سوراخ قطب شمالی زودیاک برابر با میزان انحراف خسوف و کسوف است. برای این کار رصدهای متناوب و طولانی در مراغه و دیگر مکانها انجام داده‌ایم که مقدار بیست و سه درجه و نیم را یافته‌ایم. بنابراین فاصله از قطب منطقةالبروج تا هر کدام از قطبهای دیگر بیست و سه درجه و نیم خواهد بود. این زاویه به راحتی روی درجهٔ سطح محدب حلقهٔ زودیاکی علامتگذاری می‌شود. دقت خواهد شد که قسمتهای شمال استوا بر حلقهٔ حامل مابین قطب شمال خسوف و کسوف و آغاز برج سرطان منطبق شود. در این دو نقطه دو سوراخ برابر اقطار فوق‌الذکر تعبیه می‌شود. «در حلقهٔ بزرگ عرض جغرافیایی» ابتدا دو سوراخ مدّور مقابل هم باز می‌کنیم که انتهای آنها سرهای مربوط به قطبهای خسوف و کسوف قرار دارند (اس، ۴۴) و به همین ترتیب حلقهٔ کوچک عرض جغرافیایی دو نقطه مقابل یکدیگر دارد که در آنها سرهای دیگر مربوط به میله محورهای قطبهای خسوف و کسوف جا می‌گیرند. در اینجا قطر عابر از میان مرکز این سوراخها با قطر مسی باید زاویهٔ قائمه تشکیل بدهد که در داخل حلقهٔ کوچک عرض جغرافیایی قرار دارد.

اگر تمامی این کارها به دقت انجام بگیرد و به طور کامل بررسی شود، پنج حلقه ساخته می‌شود. حال باید خط کشی را از مس شروع کنیم و آن را از مس بسازی، به قطر و طول حلقهٔ داخلی (عرض کوچک جغرافیایی) و به پهنای سطح دایرهٔ مذکور. در میانهٔ خط سوراخی تعبیه می‌کنیم خط کش را در قطر مسی نصب می‌کنیم که مرکز آن با پرچهایی که از میان دو سوراخ گذشته میخکوبی شده است. تمام اینها با یک گوه محکم می‌شود. در دو سر خط کش به طول دو برابر پهنایش برش داده می‌شود؛ یک سر آن (قسمت رویی) در یک طرف خط میانی و سر دیگر (قسمت) مخالف آن برش داده شود (اف، ۶۵ ـ آر) شکل ۱۷ قسمت الف.

روی خط کش دو دیدگاه یا جای قراولروی مستطیلی به اندازه‌های مساوی نصب می‌کنیم که هر کدام باید یک «شکاف» داشته باشند. در مرکز آنها دو سوراخ می‌سازیم. فاصلهٔ بین اینها را برابر دو وجب (۴۲ سانتی‌متر) انتخاب می‌کنیم و بین آنها لوله‌ای قرار می‌دهیم. سپس تکیه گاهی می‌سازیم که در میانهٔ آن یک ستون گرد سنگی قرار می‌دهیم. روی سطح بالایی



شکل ۱۸. خط‌کش (العضاده) با میخ پرچ و گوه وآسبک

ستون، خط نصف‌النهار را رسم می‌کنیم (اس، ۴۵). در امتداد این خط درون ستون حفرهٔ مستطیلی شکلی ساخته می‌شود که از شمال به جنوب امتداد می‌یابد. در آن پایه‌ای متصل به حلقهٔ نصف‌النهاری نصب می‌شود. سطح آن را به موازات خط نصف‌النهار قرار می‌دهیم. خط رسم شده از میان پایه و نقطهٔ بالای حلقه باید دقیقاً عمود باشد. انجام این امر با استفاده از شاقولی میسر است تا زمانی‌که موقعیت صحیح را انتخاب کنیم. سپس با ریختن سرب اطراف آن را محکم می‌کنیم. بنابراین پایه و اتصالات آن و حلقهٔ نصف‌النهاری به طور دلخواه نصب می‌شوند.

باقی حلقه‌ها را در محلهای خود و در داخل «حلقهٔ نصف‌النهاری» قرار می‌دهیم که با میله محورهایی به میله حاملهای مدور و حاملهای «حلقه‌های عرض جغرافیایی» روی قطبهای منطقةالبروج به یکدیگر وصل می‌شوند. در اینجا دستگاه کامل می‌شود و محکم و ثابت روی پایه‌اش قرار می‌گیرد.

حال دربارهٔ تقویت‌کننده‌هایی صحبت می‌کنیم که برای این دستگاهها به‌کار برده‌ام با آنها اسبابها را کاملتر و مقاومتر کرده‌ام؛ همچنین نگاره و شکلهایی از حلقه‌ها و میله و محورها کشیده‌ام که منظور از آنها را توضیح خواهم داد.

اضافات وگِره و گوه و اتصالاتی که در سطوح هموار و صاف حلقهٔ نصف‌النهاری به‌کار رفته‌اند برای محکم کردن و تقویت محل سوراخهای محورهای قطبهای استوا به‌کار رفته‌اند.

اتصالات و اضافاتی که روی «حلقهٔ بزرگ عرض جغرافیایی» برای تقویت آن در دو نقطهٔ مقابل و یک در میان (در جایی که سطحهای صاف آن) بریده شده‌اند، طوری کار گذاشته شده‌اند که دو قطب استوا بتوانند داخل آن شوند و روی «حلقهٔ نصف‌النهاری تا حلقهٔ حامل»

قرار گیرند. شکافها طوری درست شده‌اند که حلقهٔ بزرگ عرض جغرافیایی می‌تواند به حلقهٔ حامل متصل شود و نیم چرخش خود را در جهت منطقةالبروج کامل گرداند، بدین سبب پیشنهاد کردیم که این اتصالات و ملحقات و اضافات و برشها در فواصل یک در میان ساخته شوند.

تمام تقویت‌کننده‌ها و زبانه‌هایی که برای سطوح هموار به کار رفته‌اند (اس، ۴۶) برای نگاه داشتن حلقه‌ها است تا شکسته نشوند و کاربرد دیگری ندارند. کار گذاشتن و نصب خط کش حلقهٔ ششمی که بطلمیوس در میان حلقهٔ پنجمی قرار داده زاید است، زیرا آن را برای تعیین عرض جغرافیایی ستارگان به کار می‌برده است، در حالی که هر کدام عرض جغرافیایی جداگانه‌ای دارند. این «عرض جغرافیایی» با خط کش و سوراخهایی که روی آن نصب شده قابل رؤیت است، در ضمن هنگام کارگرفتن حلقهٔ ششم عملاً نشان داده شده که چه خطاها و نقص و کاستیهایی وجود دارد، در حالی که این خطاها در کاربرد خط کشی که روی دستگاه نصب شده است از بین می‌روند. ساختن و استفاده از آنچه که ما نصب کرده‌ایم به مراتب ساده‌تر است.

از جمله مواردی که ممکن است به اشتباهاتی منتهی شود در موقع استفاده از محیط حلقهٔ ششمی است که باید قادر به چرخش در داخل حلقهٔ پنجم باشد. برای انجام این عمل، سطح آن نباید از سطح حلقهٔ پنجم بیرون بیاید. این عمل مکانیزم و خط سیرهایی لازم دارد تا از بیرون آمدن سطح آن جلوگیری کند. انجام این عمل به دو طریق امکان‌پذیر است. اول ساختن شیاری در امتداد میانهٔ سطح محدب حلقهٔ ششم و وصل کردن میخهای چوبی در امتداد سطح مقعر حلقهٔ پنجم که درون این شیار جا بگیرد. اگرچه می‌توانیم از میخهای چوبی برای دو سطح صاف حلقهٔ ششمی استفاده کنیم و آن را در جهاتی حرکت دهیم (اف، ۶۵ ـ وی) که از سطح محدب خارجی بیرون بیایند، ولی ممکن است به سطوح صاف حلقهٔ پنجمی برخورد کنند و در این حرکت حلقهٔ ششم را در سطح حلقهٔ پنجم نگاه دارند، از این لحاظ میخها را نمی‌توان بر سطح صاف حلقهٔ پنجمی نصب کرد، چون جهت‌یابها روی آن حرکت می‌کنند و میخهای چوبی چرخش آنها را متوقف می‌کنند. واضح است وقتی حلقهٔ ششمی مماس و نزدیک حلقهٔ پنجم باشد، سبب می‌شود که ناظر آن را به سختی حرکت دهد، مخصوصاً موقعی که حلقه نازک باشد. چنانچه از طرف دیگر، آن را به راحتی حرکت دهند، اندازه گیری

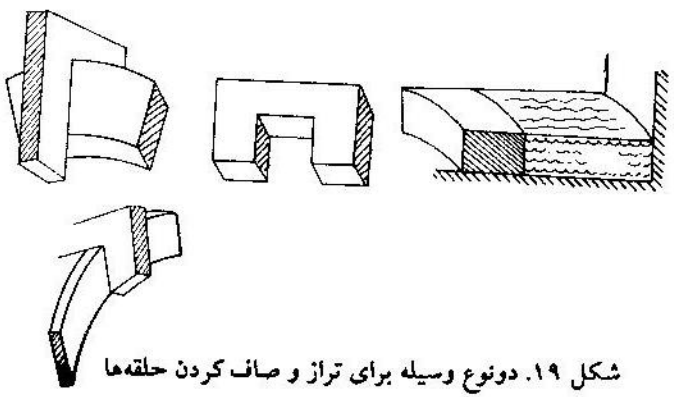
و رصد نادرست خواهد بود، زیرا حلقهٔ ششم در وسط حلقهٔ پنجم باقی نمی‌ماند و حرکت می‌کند.

حال اگر حلقهٔ ششمی را بزرگ انتخاب کنیم ممکن است سبب شود ستاره‌شناس نتواند ستاره‌ای را از میان دو سوراخ رصد کند، چراکه دو دیدگاه روی آن از هم بسیار دور است (اس ۴۷). همچنین برای حلقه‌هایی که ابعاد بزرگ دارند به آسانی میسر نیست لوله‌ای را که مستقیم در جای خود محکم شده بین دیدگاهها نصب کرد، از طرف دیگر اگر دستگاه کوچک باشد رصدکننده مسلماً نخواهد توانست دقت زیادی بکند و ساختن دستگاه بی‌فایده خواهد بود.

حال اگر به هر صورت از خط کش نصب شده به جای حلقهٔ ششمی استفاده کنیم می‌توان دیدگاهها را به دلخواه در مکانهای متفاوت نصب کرد و مانعی برای حصول به جدول دقیقی وجود نخواهد داشت.

کاربرد خط کش نصب شده همچنین دارای این مزیت است که از محور آن می‌توان مستقیماً از مرکز حلقهٔ پنجمی استفاده کرد و خیلی آسانتر از تنظیم کردن مراکز دوایر متفاوت و متحدالمرکزی است که دقیقاً بر هم منطبق شده‌اند، در غیر این صورت انجام این کار وقت زیادی خواهد گرفت.

آزمایش کاربرد حلقه‌ها و پرداخت بسیار دقیق سطوح آنها کار مشکلی است. برای این منظور معیارهای مختلفی ساخته‌ام که با آنها آزمایشهای مختلفی انجام شده است. این دستگاه



شکل ۱۹. دونوع وسیله برای تراز و صاف کردن حلقه‌ها

سنجش صفحه‌های مسی محکم و مستطیلی شکلی هستند که بعد از پرداخت و اتمام یک دوم زراع (۳۲ سانتی‌متر) طول و سه انگشت (۷/۵ سانتی‌متر) پهنا دارند. در یک طرف، قوس مدوّری رسم می‌کنیم که قطر آن برابر قطر داخلی حلقه‌ای است که می‌خواهیم سطح داخلی را آزمایش کنیم.

سطح صفحه و قوس کاملاً سمباده زده می‌شود. همین طور لبه‌های کناری که به صورت قوس‌مدوری در آورده شده‌اند کاملاً صاف می‌گردند. قطر آن برابر قطر یکی از سطحهای محدب خارجی حلقهٔ مورد نظر خواهد بود. همان طوری که می‌دانیم مسلماً یک طرف صفحه محدب و طرف دیگر آن مقعر است، با جفت‌سازی لبهٔ محدب سطح مقعر را دقیقاً بررسی می‌کنیم و با لبهٔ مقعر سطح محدب حلقهٔ دیگری را بررسی می‌نماییم. حال دستگاه کنترل متشابهی برای بقیهٔ حلقه‌ها می‌سازیم که ضخامت آنها برابر حلقهٔ مذکور نباشد (اس، ۴۸) اکنون ساختمان کنترل کننده را برای آزمون سطوح صاف حلقه‌ها مورد استفاده قرار می‌دهیم. دو خط کش انتخاب می‌کنیم یکی قدری بلندتر از قطر خارجی بزرگترین حلقه و دیگری به بلندی سه وجب (۶۳ سانتی‌متر). که یک سر اولی (خط کش بلند) از مکانی به مکان دیگر حرکت می‌کند و جا به جا می‌شود، در حالی که انتهای دیگر بر طرف مقابل یکی از دو سطوح صاف حلقه قرار دارد. بررسی می‌کنیم که آیا دو مکان مربوطه در یک صفحه جای می‌گیرند و مطابقت دارند یا نه، اگر خط کش در نزدیکی سطح که روی لبهٔ داخلی حلقه قرار دارد بر لبهٔ خارجی منطبق و مماس باشد، سطح صاف ساخته شده درست است. در این کار نقطه به نقطه باید بررسی شود، تا خط کش روی تمامی محیط حلقه به خوبی بچرخد؛ حال اگر بین خط کش و حلقه به طرف لبهٔ خارجی عدم انطباق وجود داشته باشد، مسلماً ناهماهنگی به وجود خواهد آمد. در این حالت تا ناهمواری حلقهٔ داخلی برطرف نشود آن را سوهان و سمباده می‌زنند یا برعکس حلقهٔ دوم را پرداخت می‌کنند تا سطح خط کش و حلقه در لبهٔ داخلی کاملاً مماس شوند.

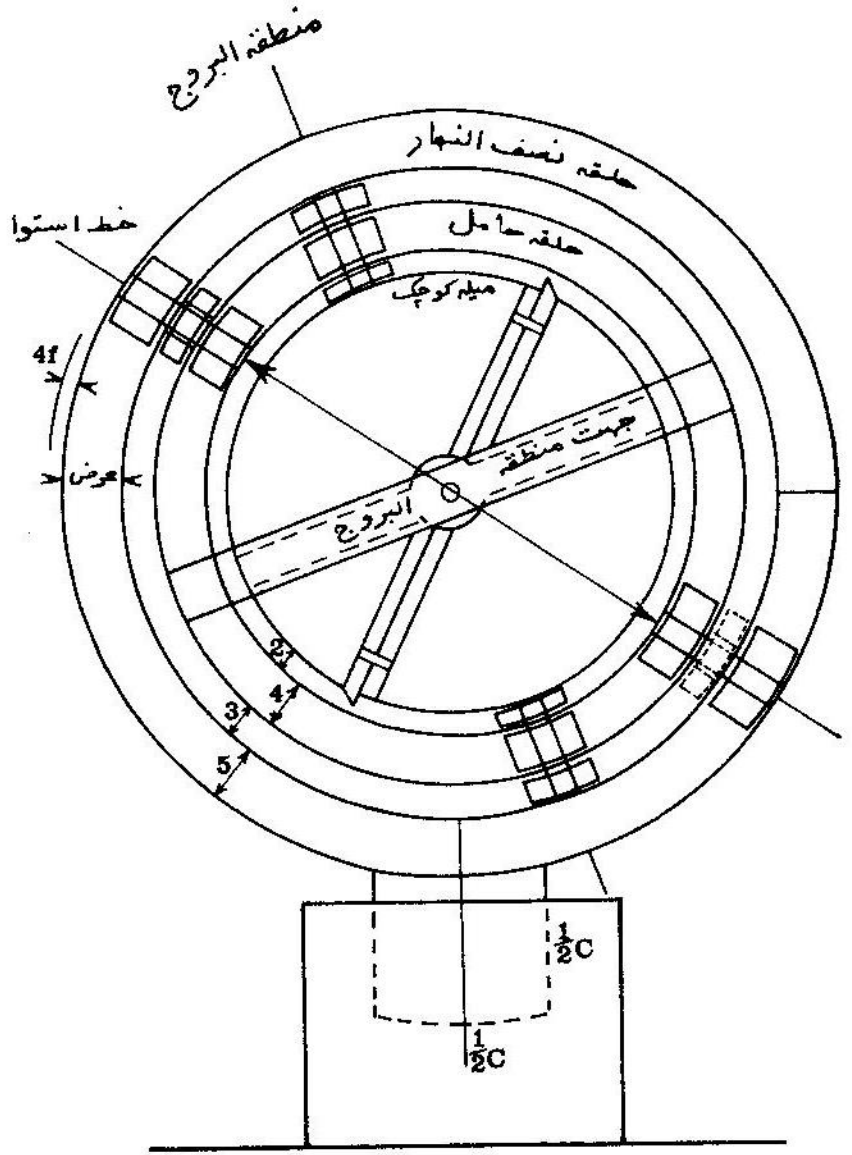
خط کش کوتاه از یک قسمت از حلقه به حلقهٔ دیگر متصل می‌شود (اف، ۶۶ ـ آر) اگر کاملاً منطبق بود و درست قرار گرفت قسمت ساخته شده درست است و اگر ناهمواری در جاهایی مشاهده شد باید قسمت بالاتر پرداخت شود. در موقع نصب خط کش سطوح حلقه‌ها دقیقاً کنترل می‌شوند.

حال دربارهٔ ساختن دستگاه کنترل و عرض و ضخامت حلقه‌ها صحبت می‌کنیم. در یک حلقهٔ کوچک یک برش مستطیلی می‌دهیم که پهنا و عرض این شکاف برابر ارتفاع و ضخامت حلقه‌ای است که قرار است آزمایش شود. با این اندازه‌سنج بلندای حلقه را با گذاشتن آن، یک‌بار بر سطح محدب و بار دیگر بر سطح مقعر بررسی می‌کنیم و با جابه‌جا کردن حلقه‌ها در امتداد محیط همهٔ جوانب آن را کنترل می‌کنیم تا چهار لبهٔ مدّور داخلی و خارجی حلقه‌ها با یکدیگر برابر شود (اس، ۶۹). سپس صفحهٔ دیگری انتخاب می‌کنیم و دریچهٔ مستطیلی شکلی برای بررسی پهنای تمامی حلقه‌ها درست می‌کنیم. این دستگاه اندازه‌گیر را در دو محیط بر یک طرف مسطح و طرف دیگر حرکت می‌دهیم. اگر پهنای طرفهای سطح خیلی پهن یا خیلی باریک باشد باید از آنها رفع عیب کرد. با این پنج نوع اندازه‌سنج می‌توانیم درستی یا غلط بودن ساخت حلقه‌ها را بررسی کنیم.

برای بررسی سطوح صاف حلقه‌ها تا آنجاکه ممکن است آنها را روی سطح افقی می‌خوابانیم و از تراز بنایی به نام «افادین»[1] استفاده می‌کنیم. حال از خاک سفالگری (خاک رس) جوی مدوّری که برابر با محیط داخلی حلقه است می‌سازیم. سطح داخلی جوی مذکور از سطح خارجی آن بلندتر است[2]. کانال را از آب پر می‌کنیم و روی آن خاکسترهای اشنون و خیلی نرم می‌پاشیم. این کار باید در محلی انجام گیرد که باد نباشد که آب را به تلاطم درآید. جوی مذکور را با آب کافی پر می‌کنیم تا جایی که آب از لبهٔ پایینی این کانال لبریز شود. آبی که روی گودیها و ناصافیها قرار می‌گیرد قسمتهای بالایی سطوح ناهموار حلقه‌ها را به خوبی نشان می‌دهد (اس، ۵۰) که این ناهمواریها باید ساییده و پرداخت شود تا صاف گردد (انتهای آف، ۶۶ ـ آر) شکل زیر را ببینید.

۱. AFADIN

۲. دیوارهای حوضچه و کانال آب و طرز قرار گرفتن و ترازکردن سطح فوقانی حلقه باید چنین باشد (س. غ).



شکل ۲۰. دستگاه ذات‌الحَلَق

حلقهٔ نصف‌النهاری یا حلقهٔ شامله[1] یا حلقهٔ انقلابین (اس ۵۳، اف ۶۷ - آر)

در میان وسایلی که دانشمندان قدیم مورد استفاده قرار می‌دادند وسیله‌ای است که با آن انحراف و تمایل خسوف و کسوف را معین می‌کردند که شامل حلقه‌ای است که به طور دایم در صفحهٔ نصف‌النهار قرار دارد و راصد با آن می‌تواند بزرگترین شیب و انحراف خسوف و کسوف را اندازه بگیرد. این حلقه باید به قدر کافی بزرگ باشد تا بتوان آن را به قسمتهای کوچکتری که شامل تقسیم‌بندی یک دقیقه، دو دقیقه، یا سه دقیقه (اس، ۵۴) باشد تقسیم کرد. بطلمیوس این ابزار را در کتاب‌المجسطی‌اش شرح داده است. در داخل این حلقه حلقهٔ دومی قرار داده می‌شود که می‌تواند در میان حلقهٔ اوّلی به طرفهای شمال یا جنوب بچرخد، در حالی که سطح آن باید در داخل سطح اولی باقی بماند. در یکی از سطوح صاف حلقهٔ داخلی (بطلمیوس) دو سوراخ دیده‌بانی مقابل یکدیگر قرار دارد که زاویهٔ قائمه نسبت به سطح صاف آن تشکیل می‌شود. روی خط کش دو زایدهٔ کوچک نصب شده که می‌تواند روی چرخ داخلی حلقهٔ خارجی حرکت کند و بلندای خورشید و ستارگان را موقعی که در نصف‌النهار قرار دارند اندازه گیری کند (اس، ۵۵). حلقهٔ داخلی فقط برای انتقال عقربکها روی مقیاسها و دیدگاهها مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ خط کش که به حلقهٔ داخلی وصل شده آن را به همان طریقی که دربارهٔ حلقهٔ ششم کرهٔ مشبک گفته شد نگه می‌دارد. حلقه‌ای را به قطر (داخلی) پنج زراع می‌سازیم که چهار انگشت پهنا و چهار انگشت ضخامت داشته باشد. در داخل آن ستونی به پهنای سه انگشت، همان طور که برای حلقهٔ پنجمی درست کردیم، درست می‌کنیم. همچنین یک پایه مانند پایهٔ ذکر شدهٔ حلقه نصف‌النهاری می‌سازیم که خط ادامهٔ پایهٔ آن در امتداد ستون قطر حلقه است و وزن دستگاه و حلقهٔ نصف‌النهاری روی این پایه است. سپس خط کشی مانند آنچه که برای حلقهٔ پنجمی ساختیم (از کرهٔ مشبک که می‌تواند به دور مرکز قطر بچرخد) می‌سازیم. محیط حلقهٔ اصلی را به سیصدو شصت درجه تقسیم می‌کنیم و هر کدام از این قسمتها را تا آنجا که ممکن است به قسمت کوچکتری تقسیم می‌کنیم. چون چرخ داخلی حلقه دارای قطری به اندازهٔ پنج زراع است، محیط چرخ خارجی کوچکتر از شانزده و دو سوم زراع نمی‌شود. قسمتی از این چرخ که بزرگتر از سه وجب است، شامل بیست و دو و

۱. "MERIDIAN RING" در بعضی نسخ حلقهٔ انقلابین گفته شده، در حالی که ترجمه انگلیسی و عربی آن حلقهٔ نصف‌النهار است (س. غ).

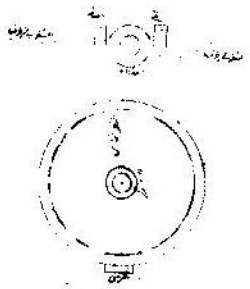
نیم درجه از دایرهٔ بزرگ است. طول یک بخش از مقیاس مربوط به یک درجه کمی بزرگتر از یک انگشت خواهد شد. بنابراین تقسیم این درجه‌ها به شصت یا سی قسمت به سهولت انجام می‌پذیرد.

قطری عمود بر قطر خط کش مسی می‌سازیم که پایه را دو نیم می‌کند و وقتی حلقه را برپا می‌کنیم به سوی سمت‌الرأس منطقةالبروج امتداد می‌یابد. بعد از اینکه تقسیم حلقه کامل شد، شماره‌ها در امتداد مقیاسها قرار می‌گیرند، به طوری که شروع آن از دو سر قطر خط کش مسی و خاتمهٔ آن پایین قطر است. عدد ۹۰ که تقسیم‌بندی درجه است در امتداد افق خواهد بود.

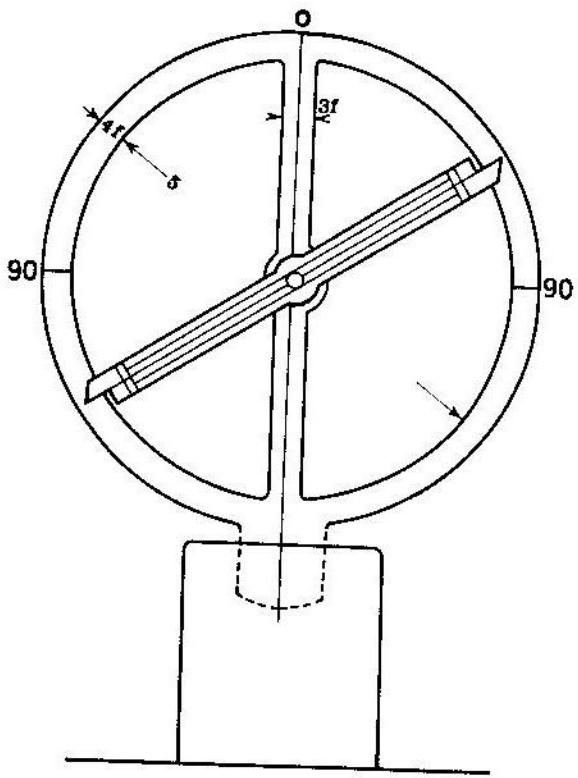
به خط کش آن دو دیدگاه قراولروی به بلندا و پهنای مساوی وصل می‌کنیم و خط شکاف آن را (S.٥٦) از مرکز حلقه می‌گذرانیم، بنابراین خط شکاف از مرکز خط کش خواهد گذشت. پهنای هر قوس دیدگاه را به دو نیم می‌سازد. در وسط عرض دیدگاهها سوراخهای گردی به فواصل متساوی از خط کش درست می‌کنیم. خط دیدی که از مراکز آنها می‌گذرد به موازات خط نیمساز عرض خط کش خواهد بود که از مرکز آن می‌گذرد.

بین امتداد سوراخهای دیدگاهها می‌توانیم لولهٔ مستقیمی به پهنای مساوی قرار دهیم، بنابراین شعاع دید از یک سوراخ وارد لوله خواهد شد و از سوراخ دیگر بیرون خواهد آمد و فرقی نمی‌کند که شخص از امتداد شعاع بیرون آمده از چشم استفاده کند یا از امتداد شعاعی که از کنار لوله آمده است. ارتفاع رصد شده از ارقام حلقه با عدد مماس بر تیزی عقربهٔ دیده‌بانی قرائت می‌شود (اف، ٦٧ ـ وی). این وسیله همچنین می‌تواند برای به دست آوردن ارتفاع محل رصد، یعنی با قراولروی به ستارگانی که دایماً قابل رؤیت هستند (ابدی‌الظهور)، چنین ستاره‌ای که در نصف‌النهار محل قرار می‌گیرد، دارای بزرگترین یا کوچکترین ارتفاع خواهد بود. ارتفاع قطب آسمانی برابر نصف مجموع دو ارتفاعهاست که برابر ارتفاع محل است.

اینکه چگونه وسیله را روی ستونی نصب کرده به حرکت در می‌آوریم و حلقهٔ نصف‌النهاری را مورد استفاده قرار می‌دهیم در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۲۱. حلقهٔ نصف‌النهاری[1]



شکل ۲۲. حلقهٔ نصف‌النهاری که به طریقهٔ صحیحی از مطالعه شکل فوق ترسیم شده است.

۱. این شکل دستگاهی است که در کتاب مؤیدالدین آمده و تا زمانی که کسی در این باره تحقیق و پژوهش کامل نکرده باشد برای او قابل تفهیم و ترسیم نخواهد بود (س. ح).

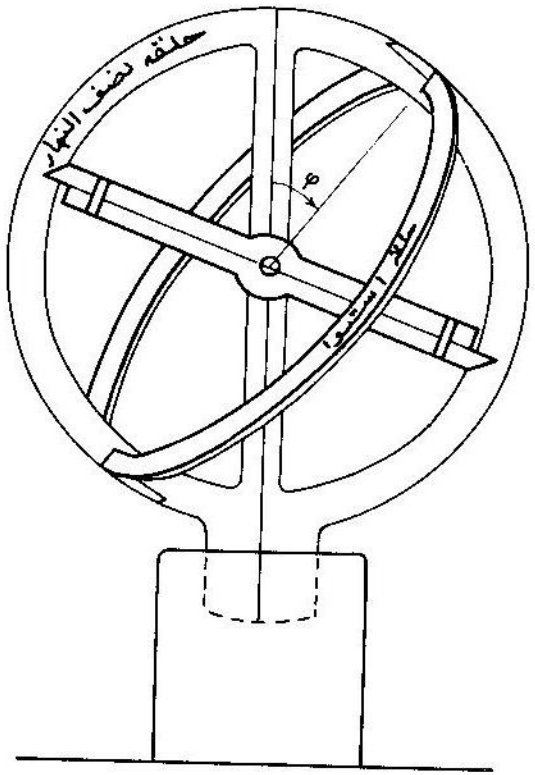
حلقهٔ استوایی یا حلقهٔ اعتدالین (اف ۶۷ ـ وی ـ اس ۵۷)

(اس ۵۸) چهارمین ابزاری که مردم قدیم برای رصد مورد استفاده قرار می‌دادند دستگاهی بوده که در دایره‌ای نصب می‌شده و بطلمیوس از آن برای ورود آفتاب به یکی از نقاط اعتدالین استفاده می‌کرده است که شامل حلقه‌ای از مس با سطوح صاف و موازی است و در المجسطی آن را «حلقهٔ العتدال» نامیده است. طریقهٔ ساختن و به کار بردن آن به همان روشی است که قبلاً برای کرهٔ مشبک شرح داده شده است. این دستگاه قابل ساختن است. حلقهٔ اصلی هم بعد از آنکه مشخصات محل رصد را یافتیم نصب می‌شود. نصب ارتفاع‌یاب برابر فاصلهٔ (زاویه‌ای) سمت‌الرأس تا محیط آن خواهد بود و با آن شیب و انحراف صفحهٔ اعتدالی را نسبت به افق محاسبه و نصب می‌کنیم (زاویهٔ α در شکل ۲۳) زاویهٔ بین صفحهٔ حلقه و نصف‌النهار و افق باید همیشه در دسترس باشد. حال اگر حلقه مذکور با دو سطح صاف موازی‌اش ساخته و نصب شده باشد ممکن است این دستگاه در ایامی از سال سایه‌اش را روی خودش بیندازد. در این حالت سطح آن به طور متناسب روشن شده سایهٔ آن به صورت یک خط درست می‌شود. موقعی که این اتفاق بیفتد خورشید دقیقاً در یکی از نقاط اعتدالی خود قرار می‌گیرد (اف، ۶۸ ـ آر). از آنجایی که این وسیله نه تنها در استوای جغرافیایی بلکه برای بقیهٔ افقهای شیبدار هم مورد استفاده قرار می‌گیرد باید حلقهٔ مذکور نسبت به افق شیب معینی داشته باشد. البته موقعیت آن ممکن است با اختلاف کم تغییر یابد که باید از آن تغییرات مطلع باشیم. در ضمن برپا ساختن دقیق این وسیله قدری مشکل است (اس، ۵۹) بنابراین بهترین طریقه برپا ساختن این وسیله را به ترتیب زیر شرح می‌دهیم.

حلقهٔ استوایی را به حلقهٔ نصف‌النهاری و به حلقهٔ داخلی (مربوط به کرهٔ مشبک) که آزاد و بیرون مانده است وصل می‌کنیم که به حلقهٔ نصف‌النهاری به طور عمودی وصل می‌شود، آن هم به همان ترتیبی که حلقهٔ خسوف و کسوف با حلقهٔ حامل کرهٔ مشبک وصل شده بود. فاصلهٔ حلقهٔ استوایی از سمت‌الرأس منطقةالبروج برای تعیین ارتفاع خورشید و ستارگان برای رصد به کار گرفته می‌شود. در مکانهایی که شکاف دارند، گوه‌های نگاه دارنده‌ای برای نگه داشتن حلقه‌ها به یکدیگر وصل می‌کنیم. حلقهٔ نصف‌النهاری وزن حلقهٔ استوایی را تحمل کرده از تغییر مکان آن جلوگیری خواهد کرد. بدنهٔ قطر داخلی حلقهٔ استوایی را برای سبک کردن وزن آن کمی بزرگتر و در نتیجه کمی نازکتر از حلقهٔ نصف‌النهاری می‌سازیم. دهانه‌های قوس

طوری هستند که قسمت محدب حامل با قسمت محدب استوا هم سطح می‌شود. تقسیمات روی حلقهٔ نصف‌النهاری از طرف داخل قوس انجام می‌شود، به ترتیبی که انتهای تیزی خط، مانع نشان دادن درجه‌ها نخواهد شد. دربارهٔ آنچه که شرح داده‌ایم شکی نیست که در جاگذاری حلقهٔ استوایی و آنچه که روی درجهٔ خاصی نصب شده اشکالی وجود نخواهد داشت. مقدار زاویه باید دقیقاً از سطح مستوی حلقهٔ اولی معلوم شود.

اندازه‌ها باید از روی دایرهٔ اصلی باشد تا از قوس نصف‌النهار منحرف نشود، در غیر این صورت اختلافی پدیدار می‌شود که عیناً برای حلقه‌های بزرگ رصدخانهٔ اسکندریه اتفاق افتاده بود، این حلقه هم در محاسبه و هم در رصد اعتدال کاربرد دارد (شکل ۲۳).



شکل ۲۳. حلقهٔ استوایی

خط‌کش دیده‌بانی «العضاده» با دو سوراخ قراولری[1] یا (ذات‌الثُقبتین)

(اف ۶۸ ـ آر ـ اس ۶۱)

اکنون به شرح وسیله‌ای قدیمی می‌پردازیم که دارای دیدگاه متحرک است (اس، ۶۳) و ابزاری با دو دستگاه نامیده شده است. بطلمیوس در کتاب المجسطی فقط نام آن را ذکر کرده و شرحی از دستگاه را در کتاب خود نیاورده است. آنچه که این دستگاه را نگه می‌دارد ساختن پایه‌ای برای تحمل وزن آن است که دستگاه به دور قطب می‌چرخد و آن را نگه می‌دارد.

این دستگاه عبارت از دو خط‌کش منطبق بر هم است (اف ۶۸ ـ وی) به طول چهار زراع که به شکل کشویی به همدیگر وصل می‌شوند و به عنوان پایه برای نصب کشوی دیده‌بانی به کار می‌روند. در چهار انتهای آن در قسمتهایی برشهایی می‌دهیم که برشها با هم برابرند و در زاویه‌های برابر به طرف قطب ساخته می‌شوند. در قسمت انتهای بالایی این میله صفحهٔ مدور و محکمی نصب می‌کنیم که قطرش سه زراع و ضخامت آن یک چهارم زراع و فاصلهٔ عمودی این صفحهٔ مدور تا پایهٔ آن دو زراع است.

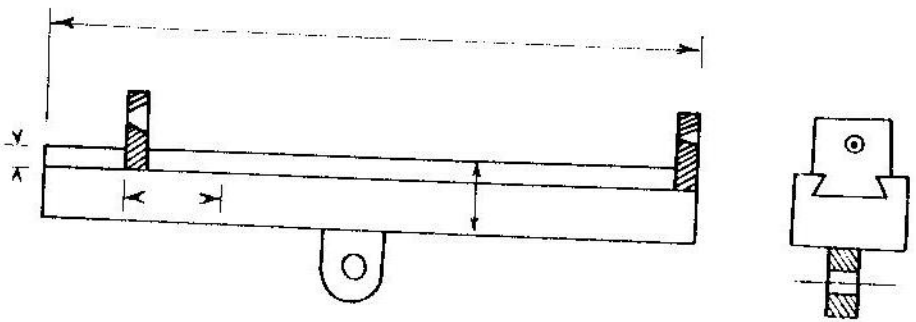
چهار نقطهٔ انتهای آنها را در قطرهای این صفحه و در جاهای خود برای محکم نگه داشتن نصب می‌کنیم و برای اینکه به یک طرف منحرف نشوند، در وسط این صفحه و در مرکز آن سوراخ مدوری به قطر پنج انگشت باز می‌کنیم. میله‌ای از چوب سخت به درازای چهار زراع و به شکل مدور و استوانه‌ای انتخاب می‌کنیم که ضخامت آن برابر با قطر سوراخ است (اس، ۶۴). قسمت پایینی این میله از آهن ساخته شده و برای یک محور تراشیده شده است تا بتواند در مرکز چارچوب به دور محور خود بچرخد. در وسط سطح بالایی خط‌کش مسطح، شیار کشویی مستطیلی باریکی با چهار زاویه به طول پنج انگشت درست می‌کنیم که قسمت پایین آن مقداری از دریچهٔ بالایی نازکتر است. بالای میله دسته‌ای که با آن بتوانیم دستگاه را حرکت بدهیم درست می‌کنیم و دریچه‌ای می‌سازیم که با ساختن آن پایه و دستگاه کامل می‌شود.

این ابزار اندازه‌گیری عبارت از خط‌کشی است با دیدگاه متحرک که از چوب ساج یا

1.Instruments with two Apertures

در زبان عربی (ثُقبه) به معنی روزنهٔ دیدن است و چون این دستگاه دارای دو روزنهٔ دید است می‌توان آن را «ذات‌الثُقبتین» نامید.

سطوح مستوی و موازی ساخته شده است و ابعاد آن عبارت از چهارو دو سوم زراع و دارای مقطع مربعی به اندازهٔ یک چهارم زراع ضخامت خواهد بود. در وسط سطح بالایی آن یک شیار یا گودی کم و زبانه‌ای درست می‌شود که گودی آن نیم انگشت است و در بالای ضلع شیار یا گودی کم و زبانه‌ای درست می‌شود که گودی آن نیم انگشت است و در بالای ضلع سوراخی به اندازهٔ یک سوم ضخامت خط‌کش، یعنی چیزی بارکتر از پایین شیار، ساخته می‌شود. پایهٔ آن دقیقاً طراز و تسطیح شده است تا با سطح خط‌کش کاملاً موازی افق باشد.

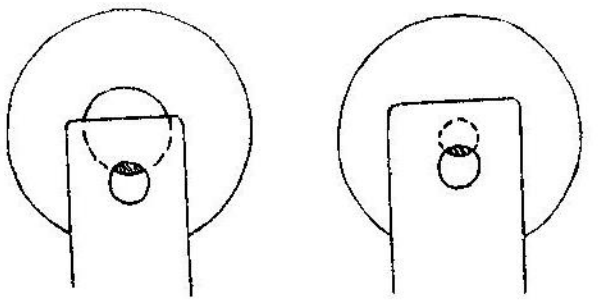


شکل ۲۴. خط‌کش (العضاده) با دو سوراخ دیده‌بانی

قطعهٔ کوچک مکعب مستطیلی که از مس ساخته شده داخل شیار و گودی قرار می‌دهیم تا در عمق گودی شیار قرار بگیرد، به طوری که بتواند در داخل شیار به راحتی و بدون فضای آزاد حرکت کند. این زایده به عنوان لغزنده‌ای کشویی برای دیدگاه متحرک عمل می‌کند و از سوراخهای آن می‌توانیم هدف را ببینیم که دقیقاً به صورت قائمه بر دو انتهای خط‌کش نصب می‌شود. فضای آزاد این زایده به اندازهٔ یک انگشت عریضتر از پهنای بالایی خط‌کش است. در هر دو طرف برجستگیهایی مانند شکل بالا وجود دارند (اس، ۶۵) که به هرکدام آنها یک «عقربک» وصل می‌شود. در قسمت بالایی دیدگاه سوراخی به شکل مخروط درست شده است. دریچهٔ فراختر مخروط در طرف انتهای قطعهٔ لغزنده قرار دارد. دریچهٔ باریکتر را به شکل مخروط به طرف سرکوتاهتر در می‌آوریم. قطر سوراخ باریکتر یک دوم انگشت از انگشتهای زراع است که در آنجا یک سوراخ دید نصب می‌شود که در سر هر طرف خط‌کش

قرار می‌دهیم طول و عرض آن برابر با سوراخ دید اوّلی است. سوراخ خیلی کوچکی در آن زایده تعبیه می‌کنیم (اف، ٦٩ ـ آر). شعاع خط مستقیم عبورکننده از مراکز سوراخهای دو دیدگاه باید با شکاف خط نیمساز کنندهٔ عرضی خط‌کش موازی باشد. برای دید ثابت و مشخص سوراخ باریکتر زایده باید در طرف ضلع متحرک و سوراخ پهنتر در انتهای خط‌کش که نزدیک چشم است قرار بگیرد. دو صفحهٔ مدور از برنج می‌سازیم. قطر سوراخ یکی از صفحه‌ها $\frac{3}{5}$ ۲ بزرگتر از قطر صفحهٔ باریک در سوراخ دید متحرک است. صفحهٔ دیگر با سوراخ کوچکتر (٦٦ , S) دقیقاً مثل قطر سوراخ باریک در محل دید متحرک است. که این صفحه‌ها را دیافراگم می‌نامند.

در سطح بالایی خط‌کش در هر طرف شیار، یک خط‌کش مدرج وصل می‌کنیم. هر تقسیم از آن برابر قطر سوراخ باریک دیدگاه متحرک است. مقیاس از دیدگاه دومی ادامه می‌یابد که به چشم نزدیکتر است و به انتهای دیگر خط‌کش ختم می‌شود. در مجموع دویست و بیست قسمت باید باشد. هر کدام این قسمتها را به دوازده قسمت مساوی بخش می‌کنیم که این تقسیمات را انگشتهای قطر خورشید و ماه می‌خوانیم. عددهای مربوطه را در نقطه‌های تقسیم در لبهٔ خط‌کش مدرج می‌نویسیم که از یک شروع می‌شود و در دومین دیدگاه (ثابت) به عدد دویست و بیست در انتهای دیگر خط‌کش ختم می‌شود.



شکل ۲۵. دو ابزار برای رؤیت گرفتگیها

کسی‌که می‌خواهد با این دستگاه کار کند باید با جلو و عقب بردن چشمش به نزدیک سوراخ دیدگاه خط رؤیت، بگذارد و شعاع دیدش را از سوراخ دوّم عبور دهد. زمانی که این رصد انجام می‌گیرد شکاف مخروطی زایدهٔ نصب شده روی دستگاه که در ابتدای خط‌کش قرار دارد باید در امتداد خط دید داخل قرنیه قرار بگیرد، به ترتیبی که خط گذرا از چشم باید از دو شکاف مخروطی عبور کند و جسم مورد نظر دقیقاً در خط دید ناظر قرار گیرد. اگر فاصلهٔ دو دید نسبت به هدف یا سوژه تغییر کند، زاویهٔ دید مخروطها اضافه می‌شود، در غیر این صورت مخروط به چشم ناظر کوچک می‌شود و قدرت دید ناظر نمی‌تواند مشخصات شئی را ثبت کند، به همین علت است که فواصل اشیا باید از میان دو دیدگاه دیده شود. اگر ضعفی در چشم بیننده باشد اشیا را دقیقاً نمی‌تواند ببیند. این حد و مقیاس برای مشاهدهٔ اشیا باید با چشم ناظر یا رصدکننده تعیین شود و در موقع کار با دستگاه این دقت حفظ شود. فاصلهٔ مشخص از چشم برای ناظر (اس، ٦٧) نباید به ترتیبی باشد که اشیای مورد نظر را نتواند ببیند، حال اگر شئی به چشم نزدیک شود آن قسمت از شکاف دیدگاه که موضوع را به چشم می‌رساند بزرگتر می‌شود و چشم به راحتی می‌تواند جسم مورد نظر را ببیند. بعد از آنکه این ابزار ساخته شد و تماس روابط کارکرد اجزای آن با دقت بررسی گردید باید آن را به سطح پایینی خط‌کش وصل کرد تا در مقابل سطح شیاردار که دارای دو شکاف دید برای عبور خط چشم است قرار گیرد. روی ستون یک دسته دستگیره یا مهرهٔ کار می‌گذاریم به ترتیبی که با به حرکت درآوردن آن زایده در درون خط‌کش بتواند در شیار حرکت کند. این پیچ با دستهٔ کوچک باید در انتهای بالایی شکاف دستگاه باشد؛ حال اگر بخواهیم خط‌کش عمودی را به هر سمت بچرخانیم امکان‌پذیر خواهدبود. همچنین چرخاندن افقی آن به هرجهت هم ممکن خواهدشد.

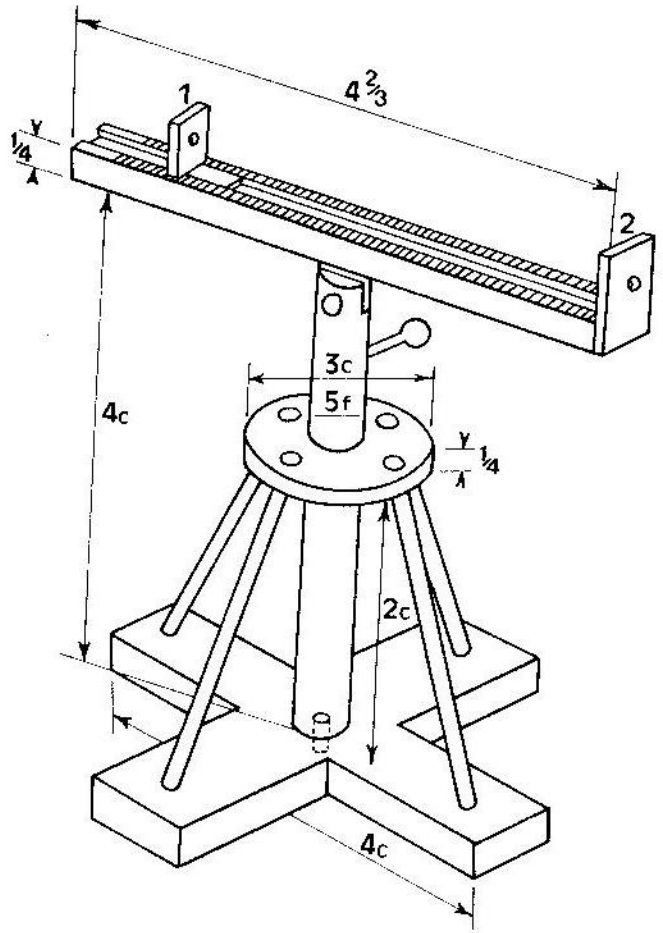
اگر بخواهیم قرص ماه را در زمان خسوف یا هر زمان دیگر رصد کنیم دستگاه را باید به طرف شئی مورد نظر (ستاره یا ماه) بچرخانیم و شکافهای دید را در امتداد خط‌کش به طرف بالا و پایین حرکت دهیم تا وقتی که قرص کامل ماه از سوراخ باریک قراولری، که روی آن شیشهٔ دوده زده قرار دارد، کاملاً دیده شود. در این حالت باید مقدار فاصلهٔ بین چشم و شاخص دیدگاه متحرک را علامت‌گذاری کنیم. اگر همین کار را در موقع رصد خورشید انجام دهیم می‌توانیم از فاصلهٔ روی خط‌کش، نسبت بزرگی خورشید را به ماه به دست آوریم. این فاصله هیچ‌گاه بزرگتر از ۱۳۰ قسمت از مقیاسی که روی خط‌کش است نخواهد بود. اگر در

مدّت خورشید گرفتگی بخواهیم مقدار گرفتگی کسوف را تعیین کنیم این بار باید دیافراگم با سوراخ نازک را که قبلاً ذکر شده انتخاب کنیم و شکاف دید متحرک باید طوری تنظیم شود که لبهٔ سوراخ شکاف نازک یا کوچکتر با لبهٔ خورشید منطبق شود، سپس این دیافراگم را در مقابل شکاف دوّمی نگه می‌داریم و با آن مقدار گرفتگی را تعیین می‌کنیم. هرگاه خسوف یا کسوف پدیدار شد باید به همین ترتیب عمل کنیم، اما در اینجا شکاف بزرگتر را برای ابتدای کار انتخاب می‌کنیم.

کوچکترین شکاف دیافراگم برای رصد گرفتگیهای خورشید به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می‌شود که هر قسمت برابر با ضخامت یک انگشت است (۶۸ ـ S). قطر دیافراگم بزرگتر برای استفادهٔ گرفتگیهای ماه است که به سی و یک و یک پنجم قسمتهای مساوی از قسمتهای دیافراگم کوچک تقسیم می‌شود. با این تقسیم‌بندیهاست که راصد می‌تواند قطر ماه را همان طور که از دایرهٔ داخلی دیدگاه متحرک در زمانی که قسمت تاریک ماه را می‌پوشاند به دست آورد. اگر سوراخهای درست شده در خلال رؤیت گرفتگی خورشید یا ماه بسته و کاملاً تاریک شوند، اندازه‌گیری مقدار نسبت گرفتگی انجام شده ضروری نیست. این ابزارها وسایلی هستند که مؤلف المجسطی دربارهٔ آنها که در سالن ارتفاع‌یاب رصدخانهٔ اسکندریه مورد استفاده قرار می‌گرفته اشاراتی کرده است.

وسیله‌ای که با دو خط کش کار می‌کند و از اختراعات و ابتکارات اوست به تفصیل در خاتمهٔ مقاله تشریح خواهد شد. در خاتمه شرح کاملی از انواع وسایلی که خود ساخته‌ایم و به بهترین صورت مورد استفاده قرار گرفته و قابل اطمینان هستند خواهد آمد خداوند بر آنچه ساخته‌ایم بهتر عالم و داناست (اف، ۶۹ ـ وی).

شکل ۲۶. خط‌کش دیده‌بانی (العضاده) با دو سوراخ قراول‌روی (ذات‌الثقبتین)
از کتاب اصلی مؤیدالدین



شکل ۲۷. دستگاه با دو سوراخ دیده‌بانی که از شکل کار مؤیدالدین به طریقه صحیحی ترسیم شده است.

دستگاههایی که خود ساخته‌ایم (اف ۷۰ ـ آر، اس ۷۱)

اینک به ابزارهایی که خود اختراع و ابداع کرده‌ایم می‌رسیم و شرح کاملی از آنها می‌دهیم. این ابزار شامل آنهایی هستند که ساختن آنها به اتمام رسیده و پس از تکمیل در این رصدخانه نصب و به کار گرفته شده‌اند. در ابتدا از آنها نمونه‌ها و مدلهایی ساختیم. ساختن این ابزارآلات پس از اتمام ساختمان مسجد صورت گرفته است، در ضمن چون باید آب مورد نیاز هم به بالای تپه می‌رسید، این عمل با چرخ و سطلهای مخصوص و یک مجرای آبرسانی انجام گرفت؛ بعلاوه چون در نظر بود که برای اعلیحضرت والاتبار، که خداوند بر قدرت و عظمتش بیفزاید، ساختمان و جایگاهی هم ساخته شود، این وظیفه هم انجام گرفت و این کار هم به اتمام رسید. به هر حال با اینکه اجرای همهٔ این کارها حرفهٔ من نبود، امّا به عهده گرفتن این کارها چیزی نبود جز ادای وظیفه که آن را هم به خاطر محبتهای سرور بزرگم انجام دادم.

دستگاه دو ربعی (ذات‌الرُبعتین) (اف ۷۰ ـ آر ـ اس ۷۲)

در میان ابزارآلاتی که خود آنها را ساخته و ابداع کرده‌ام دستگاهی است که آن را دستگاه دو رُبعی نامیده‌ام که می‌توان آن را جانشین کرهٔ مشبک هم کرد (اس ـ ۷۴).

از ورقهٔ مس حلقهٔ بزرگی می‌سازیم. مهم این است که این حلقه از مس یکپارچه ساخته و یا در دو یا سه قسمت ریخته شود، چون بعد که باید آنها را به هم پیوند داد لازم نیست که این حلقه خیلی محکم باشد، زیرا روی پایه‌ای که تراز افق است به کار گرفته و نصب می‌شود که محکم در جای خود قرار می‌گیرد.

بعد از ترازبندی و تسطیح و استقرار کاملاً افقی (این دایرهٔ سنگی[1])، باید سطوح مصالحی که در اطراف آن به‌کار رفته کاملاً صاف و مستوی باشد. وسط حلقه را تعیین می‌کنیم و سطوح خارجی و داخلی را با آن کنترل و میزان می‌کنیم، به طوری که در همهٔ جهات با هم موازی بوده دارای یک مرکز باشند. بعد از میزان کردن جلو و عقب دستگاه همان‌طوری که قبلاً هم گفتیم (اف ـ ۷۰ ـ وی) تنظیم قسمت سطح فوقانی باید کاملاً موازی افق باشد. قسمت داخلی شکاف کشویی را در قسمت برجستگی به طریقی می‌سازیم که از قسمت بالایی آن بلندتر نباشد و کمی به اندازهٔ یک انگشت پایینتر باشد. روزی که هوا کاملاً صاف و آرام و بدون

۱. (س. ع)

وزش باد باشد، باید در این گودال دایره (حوض مانند)[1] آب بریزیم و روی سطوح آب را پودر خاکستر بپاشیم. با این عمل مشخص می‌شود که کدام قسمت از سطح این دایرهٔ سنگی که در آن مانند حوض، آب ریخته شده نامساوی و ناصاف است. در این وقت آن برآمدگی و ناصافی را می‌توان با ساییدن، صاف و هموار کرد به ترتیبی که آب و پودر خاکستر در کلیهٔ سطوح یکنواخت بیایستد. به این ترتیب بود که مخازن و مراکز توزیع آب شهر دمشق را توانستیم تراز کنیم. برای بررسی سطوح صاف حلقهٔ رصدخانه همچنین می‌توانیم از رویهٔ کنترل متفاوتی استفاده کنیم.

در مرکز دیوار حامل حلقه‌ها ستون کوچکی بنا می‌کنیم که کاملاً عمود بر افق باشد، به ترتیبی که دستگاهی که روی آن کار گذاشته می‌شود بتواند در تمام جهت چرخش کند. میلهٔ کوچکی به عنوان دستهٔ دستگاه روی قسمت بین خط کش و کف[2] حوضچه برای جابه جایی و تغییر جهتها وصل می‌کنیم. در قسمت بالای سطح مدور خط کش نازک و دقیقی به درازای دو پایه کنار حوضچهٔ عمود بر ستون مدور چوبی نازک طرفین ساخته می‌شود که به طریقی با یک زبانه درون هم رفته وصل می‌شوند، به طوری که وقتی قوس متصل به میله به هر طرف چرخانده شود هر دو سر آن مماس بر سطح حرکت می‌کند. این عمل باید دقیقاً بررسی و کنترل شود، چون موقع چرخش وقتی یک انتهای قوس خط کش بالا می‌آید انتهای دیگر خط کش نیز باید همان‌طور عمل کند. اگر بلندیی در سطح حوضچه باشد کم و کاستی آن باید گرفته و صاف شود. این کار را ادامه می‌دهیم تا چرخش کامل افقی در تمام جهات نجومی امکان‌پذیر باشد و سطح حلقه و دستگاه باید کاملاً صاف و دقیق و موازی افق و مسطح باشد.

اس ـ ۷۵ حال تقسیمات (نیمدایرهٔ قوس و دو خط کشهای متصل به مرکز قوس[3]) و سطح خط کش بالای دستگاه سمت نصف‌النهار و جهتهای مغرب و مشرق (طلوع و غروب خورشید را در روزهای ایام[4] سال را) حک می‌کنیم. پنج دایرهٔ موازی در سطح بالای حوضچهٔ حلقوی و بر زمینهٔ آن رسم می‌شود. تقسیمات زیر را بر سطح مذکور رسم می‌کنیم و تقسیمات درجه را از خارج به داخل می‌نویسیم که آنها باید از مشرق شروع شده به مغرب علامتگذاری شوند، به طوری که رقم ۹۰ درجه‌ها باید یکی در نقطهٔ شمال و دیگری در نقطهٔ جنوبی باشد. تا حد

۱. اشنان (چوبک)
۲. به ص پاراگراف دوم مراجعه شود.
۳. (از س. غ).
۴. (از س. غ).

ممکن باید تقسیمات را ادامه می‌دهیم به طریقی که کاملاً درست و قابل اطمینان باشند. سطح فوقانی حوضچه را که تقسیم‌بندی شده است حلقهٔ افق می‌نامیم.

از ورق مس دو ربع قوسی در اندازه‌های مساوی و سطوح موازی می‌سازیم. پهنای آنها مانند شکل باید سه انگشت (۷/۵ سانتی‌متر) و ضخامت پایهٔ این قوسها دوونیم انگشت دست (۶/۲۵ سانتی‌متر) باشد. شعاع آنها باید از شعاع حلقهٔ افق کمی کمتر باشد. هر کدام این رُبعهای قوسی با دو لولای مربعی مسی با قطرهای برابر با پهنا و ضخامتی یکسان (مانند ربعها) کار گذاشته می‌شوند (اس. ۷۶). لولاها را در مرکز ربعها می‌گذاریم به ترتیبی که قوسها با نصب به میله با زاویهٔ قائمه یکدیگر را قطع کنند.

نزدیک انتهای هر یک از نیم قطرهای عمودی که در زمان ساختن با سطح حلقهٔ افق به طور قایم قرار دارند اضافاتی به شکل نیمدایره‌هایی نصب می‌کنیم (اف ۷۱ ـ آر). هر کدام از این ضمیمه‌ها شامل دو قسمت خواهند بود، به طوری که مابین آنها درز و شکافی باقی بماند. در این شکافها به طریقهٔ دیگری رُبعهای دیگری قرار دارند که نسبت به یکدیگر مانند لولا کار می‌کنند و هر کدام درون همتای خود می‌چرخند. درست مشابه چیزی است که در درهای تاشو انجام می‌گیرد، جایی که نیمی از دَر در داخل دیگری جا می‌گیرد. این کارها و چفت و بستها باید محکم باشند و از ورق مس ساخته شده باشند، همچنانکه در خط کشهایی که آنها را ساخته و نصب کرده‌ایم می‌توان آنها را از ورق آهن هم ساخت و نصب کرد. قسمتهای چرخنده دو انگشت (۵ سانتی‌متر) امتداد می‌یابند که داخل همدیگر می‌روند و ضخامتی به اندازهٔ یک شست دارند.

تمامی این دستگاههای جانبی که به صورت قوسهای ربع دایره هستند از داخل سوراخ شده‌اند، به طوری که مراکز سوراخها در نیمدایره‌های هر دو طرف در داخل بدنهٔ خط کشها می‌خوابند، مثلاً بر فصل مشترک تقاطع سطوح دو ربع که روبه‌روی یکدیگرند (اس، ۷۷) ربعهای قوسی را با لولایی به یکدیگر وصل می‌کنیم و یک میلهٔ شفت از سوراخهای وصل شده به شعاع قوسها می‌گذرانیم که این میله باید کاملاً صاف و مستقیم و فاقد انحنا و محکم باشد. نیمی از این میلهٔ شفت در داخل قوسهای ربعی قرار می‌گیرد، در حالی که نیمهٔ دیگر از آن بیرون می‌ماند، بدین ترتیب است که می‌توانیم دو ربع را بر هم منطبق و متصل گردانیم، به طوری که آنها تبدیل به دو ربع نیم‌دایره یا یک قوس نیمدایره شوند. با ساختن آنها بدین‌گونه

می‌توانیم آنها را چنان باز کنیم که سطوح آنها در یک صفحه قرار گیرند، در این صورت تشکیل یک نیمدایره می‌دهند.

میلهٔ وسطی یا عمودی یا شفت باید چنان محکم باشد که خم نشود و انتهای پایینی میله، که ربعهای قوسی به دور آن می‌چرخند، باید در مرکز حوضچه‌ای که ساخته شده نصب شود. انتهای بالایی به یک سطح عرضی که با دو ستون نازک استوانه‌ای به بیرون حلقهٔ افق تکیه داده شده وصل می‌شود. دو ستون کوچکی که بیرون دایرهٔ حوضچه‌ها ساخته شده و روی آنها صفحهٔ صاف قرار دارد باید محل عبور میلهٔ شفت باشد و اتصال صفحه به ستونهای طرفین حوضچه برای جلوگیری از انحراف یا کج شدن حرکت ربعهای قوسی است. دو انتهای ربع با لولایی روی قسمت داخلی سطح حلقهٔ افق حرکت می‌کند. خط کشهای نوک تیزی به هر یک از این قوسها وصل شده که موقع انطباق قوسها این خط کشها بر همدیگر منطبق می‌شوند (اس ـ ۷۸). با توجه به اینکه یک طرف خط کش بر مرکز قوسها ثابت است، طرف دیگر خط کشها روی قوسها حرکت می‌کند و یک سوم سطح بالایی حلقهٔ افق به طرف مرکز و داخل بدون تقسیمات دست، زیرا زبانهٔ خط کشها روی سطح قوسها حرکت می‌کند و تقسیمات را می‌پوشاند. طرفین خط کشهای عمودی این ربع قوسها که روبه‌روی هم قرار می‌گیرند باید در جاهای مناسب خود بدون مانع باشد، منظورم این است که میلهٔ آهنی که دو ربع را با یکدیگر می‌چرخاند باید در داخل خود کاملاً محکم باشد، به‌طوری که قوسهای ربع دایره‌ای بتوانند در داخل هم و در دریچهٔ گودی دیگر به راحتی حرکت کنند. مرکز ربعها را تعیین کرده بر هر کدام از سطح قوسی ربعها چهار قوس دایرهٔ موازی رسم می‌کنیم. سطح بین دو دایرهٔ داخلی را به هیجده قسمت ۵ قسمتی مساوی تقسیم می‌کنیم (اف ۷۱ ـ وی). در علایم درجه گذاری علامتهایی را که هر کدام نمایندهٔ ۵ درجه هستند می‌نویسیم. شروع آنها از انتهای یک ربع قوسی روی حلقهٔ افق است و قسمت آخر این اعداد که نمایانگر ۹۰ درجه است در سطح بالایی قوس قرار خواهد داشت. حال قوس میانی را که روی سطح ربع رسم کرده‌ایم به نود قسمت مساوی و قوسهای دیگر را با دقت به کسرهای دیگر درجه‌ها تا جایی‌که لازم است تقسیم و علامتگذاری می‌کنیم.

بر مرکز ربعها محورهایی استوانه‌ای از ورق آهن با زاویه‌های قائمه نصب می‌کنیم. علاوه بر این، دو خط کش مساوی از ورق مس را با سطوح کاملاً صاف می‌سازیم که هر کدام به اندازهٔ

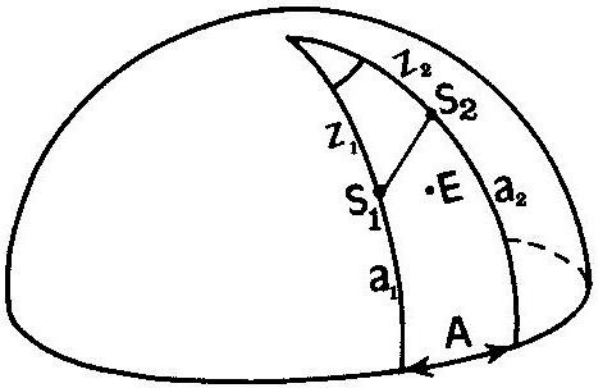
یک انگشت (۲/۵ سانتی‌متر) بلندتر از خط کشهای ربعهاست. خط کشها در یک انتها سوراخهای کوچک و گردی دارند که با آنها به محورهای مرکز ربعها متصل می‌گردند. در طرف آزاد خط کشها از طول دو ونیم انشگت از پهنا یک و نیم انگشت برش داده شده است و بر هر خط کش دو دیدگاه مربع کوچک موازی و یک اندازه قرار دارند که طبق معمول دارای دو سوراخ با شکافهایی‌اند. فاصلهٔ سوراخ دیدگاهها به اندازهٔ یک زراع دست (۶۴ سانتی‌متر) از یکدیگر جدا هستند. بین شعاع دیدگاهها یک لوله قرار می‌دهیم تا خط سیر دید را برای مشاهده کننده دقیقاً رهبری کند (۷۹ اس). بدین وسیله است که این اسباب جالب تکمیل و ساخته می‌شود.

من به این نتیجه رسیده‌ام که نه تنها می‌توان آن را کاملاً جانشین کرهٔ مشبک کرد، بلکه این دستگاه آسانتر و دقیقتر از آن است. با در نظر گرفتن آسانی ساختمان و طرز کاربرد آن می‌توانیم مشکلات و مسائل نجومی را حل کنیم که با کرهٔ مشبک مشکل یا لاینحل به نظر می‌رسند. این درست است که بدون محاسبهٔ ریاضی نمی‌توان برای تمامی مسائلی که مستقیماً مربوط به تعیین عرض جغرافیایی و نجومی است با وسایل ساخته شده راه‌حلهایی ارائه داد، امّا آیا ضخیمترین و دقیقترین دستگاهها می‌تواند جوابگوی نیاز ما باشد.

در میان مسائل خاصی که می‌توان آن را با این دستگاه حل کرد، تعیین فاصلهٔ بین دو ستاره است؛ بدین معنی که قوس روی بزرگترین دایرهٔ نیمکرهٔ قابل رؤیت که فاصلهٔ دو ستاره را نشان می‌دهد و آنها را به هم وصل می‌کند از میان انتهای خطهایی که ناظر از مرکز کرهٔ زمین طی حرکت ستارگان به نیمکرهٔ بالایی می‌کشد گذر می‌کند. علاوه‌براین برای تعیین فاصلهٔ سمت‌الرأس هر یک از دو ستارگان، که از بالای افق حرکت خود را دنبال می‌کنند، به‌کار برده می‌شود. به علاوه شخص امکان تعیین عرضهای جغرافیایی دو ستاره را به طور همزمان می‌تواند به دست آورد. برای تعیین فاصلهٔ بین دو ستاره در یک زمان و یک ساعت معین عرضهای جغرافیایی (S_2 و S_1) در شکل ۲۸ همچنین اختلاف آنها را در آزیموت (A) به دست می‌آوریم. دومی برابر با فاصلهٔ زاویه‌ای (اس ۸۰) بین دو ربع است. یک مثلث کروی که دو ضلع و یک زاویهٔ آن معلوم باشد رسم می‌کنیم که دو ضلع بیرونی متممهای دو زاویه‌های اندازه گرفته شدهٔ که عرض جغرافیایی‌اند. زاویهٔ A مقدار درجهٔ فاصلهٔ بین ربعهاست، همچنانکه در حلقهٔ افق اندازه گرفته شده است. از این جدول قوس ستاره S_1 و S_2

از مثلث قابل محاسبه است و مقدار آن برابر با قوس خواسته شدهٔ بین دو ستاره است.

فرض کنیم بعد از اینکه مشخصات و میل و بعد یک ستاره را دانستیم و طول و عرض جغرافیایی محل رصد هم مشخص شد، حال اگر میل و بعد وسمت‌الرأس ستارهٔ اولیه اندازه گرفته شده باشد، درجهٔ طلوع یا بالا آمدن علامت هر صورت فلکی منطقةالبروج «زودیاک» را خواهیم دانست و اگر بر عکس درجهٔ بالا آمدن ستاره‌ای را داشته باشیم و رصدکننده میل و بعد و عرض جغرافیایی و آزیموت آن را معین کرده باشد، خواهیم توانست موقعیت طول و عرض یا میل و بعد ستارهٔ دیگر به دست آوریم.

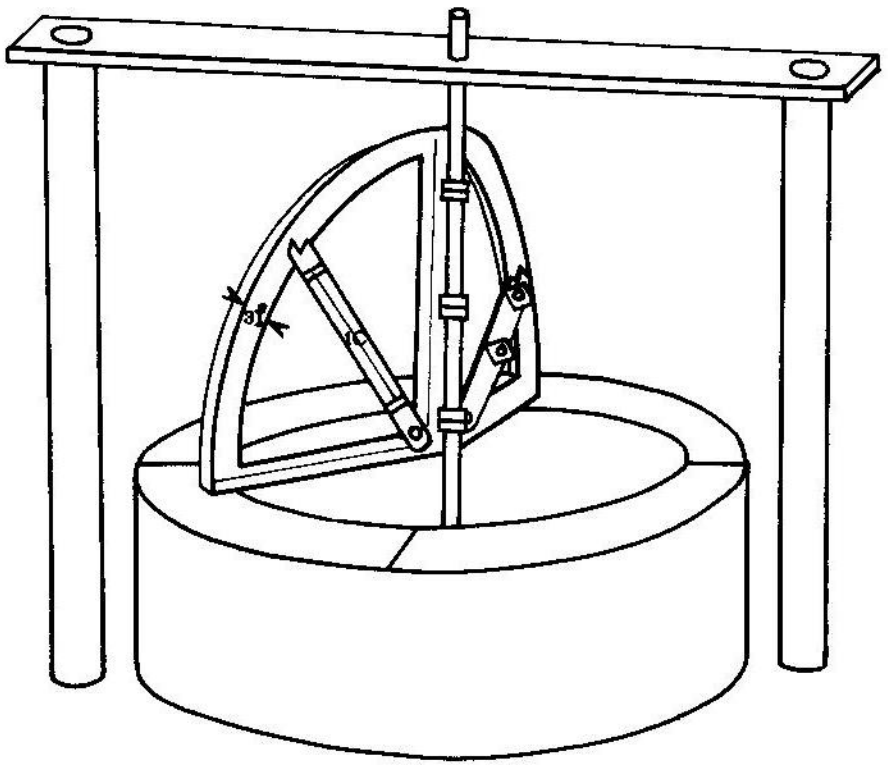


شکل ۲۸. رصد دو ستاره روی مثلث کروی

بهترین نتیجه‌ای که انجام آن با کرهٔ مشبک امکان‌پذیر است، تعیین موقعیت و مشخصات مجهول یک ستاره به وسیلهٔ محاسبهٔ موقعیت معلوم ستارهٔ دیگر است. بنابراین دستگاه ما دقیقتر و قابل کنترلتر است و می‌توانیم (اف ۷۲ ـ آر) با آن عرض جغرافیایی هر محل را طبق دو روش خاص تعیین کنیم. این مسائل با این دستگاه قابل حل هستند.

اول: به دست آوردن مجهولات از مثلث بزرگتر و کوچکترین عرض جغرافیایی خورشید در دایرهٔ نصف‌النهار

دوم: به دست آوردن مشخصات از بزرگترین و کوچکترین میل و بعد ستارهٔ اطراف قطبی، در حالی که حل این مسائل در زمرهٔ آنهایی است که فقط با زحمت و مشکل می‌توان با کرهٔ مشبک آنها را حل کرد واللّٰه‌اعلم.



شکل ۲۹. دستگاه دو ربعی

دستگاه دو خط‌کش (ذات‌الاستوانتین) (اف ۷۲ ـ وی ـ س ۸۱)

(اس ـ ۸۳) در این قسمت چگونگی ساخت دستگاه دو خط‌کش یا مُسطّرتین را شرح خواهیم داد. دو ستون با مقطع مربع شکل که هر یک از آنها در حدود شش ذرع بلندی دارند برپا می‌کنیم آنها باید از جنس چوب محکمی باشند تا طی سال شکل و موقعیت آنها ثابت بماند. بالای آن مکعبی از فلز مس یا برنج وصل می‌کنیم. مکعبی کاملاً دقیق دارای سطوح جانبی و فوقانی کاملاً صاف و عمود.

در هر دو سر این ستونهای مکعبی دو سوراخ گرد با قطرهای برابر و عمق مساوی درست می‌کنیم که در این سوراخها زبانهٔ یک زایده‌ای کاملاً افقی باید بگیرد. برای کنترل این کارها خط‌کشی بین دو سوراخ قرار می‌دهیم و با دستگاه ترازی که فاتین[1] نام دارد آن را کنترل می‌کنیم. میله‌ای صلیبی به طول معین در فاصلهٔ بین دو ستون می‌سازیم. در انتهای دو پایهٔ مورب که به اندازهٔ هم هستند میله‌ای محوری کار می‌گذاریم. قطر محور باید دقیقاً برابر با قطر سوراخی باشد که قبلاً آن را به وجود آورده‌ایم. با نصب این میله زایده باید بتواند در جای خود به خوبی بچرخد. وسط مکعب مستطیل زایده‌ای را که بین دو ستون کار گذاشته شده برشی می‌دهیم برش دُم چلچله که در آن خط‌کشی از چوب ساج با زاویه‌ای کاملاً عمود به سطح زایده نصب می‌کنیم. طول این خط‌کش باید برابر با پنج و یک چهارم ذراع و مقطع مستطیلی شکل آن یک چهارم زراع باشد. چوب ساج را به این خاطر انتخاب می‌کنیم که استقامت کافی دارد و چوبی است که زود ساییده نمی‌شود.

میلهٔ صلیبی و خط‌کش، که به صورت لوله‌کار می‌کند و دارای میلهٔ عرضی است، طوری به دو ستون طرفین بسته شده‌اند که سطح بالایی آن کاملاً صاف است و با سطح دو پایه در یک ترازند. روی یکی از سطوح فوقانی خط‌کش صلیبی بزرگ که خط‌کش را دقیقاً به دو قسمت تقسیم می‌کند، خط صاف و مستقیمی رسم می‌کنیم. مشابه آن خط را مستقیم و صافی (اس ۸۴) رسم می‌کنیم که خط‌کش را در عرض نصف کند. آن را تا روی خط میلهٔ عرضی امتداد می‌دهیم تا جایی که میله را با زاویهٔ قائمه قطع کند و آن را به دو نیمه تقسیم کند. از محل تقاطع، دو خط عمود بر هم روی خط رسم کرده روی خط‌کشی که پنج زرع طول دارد علامت

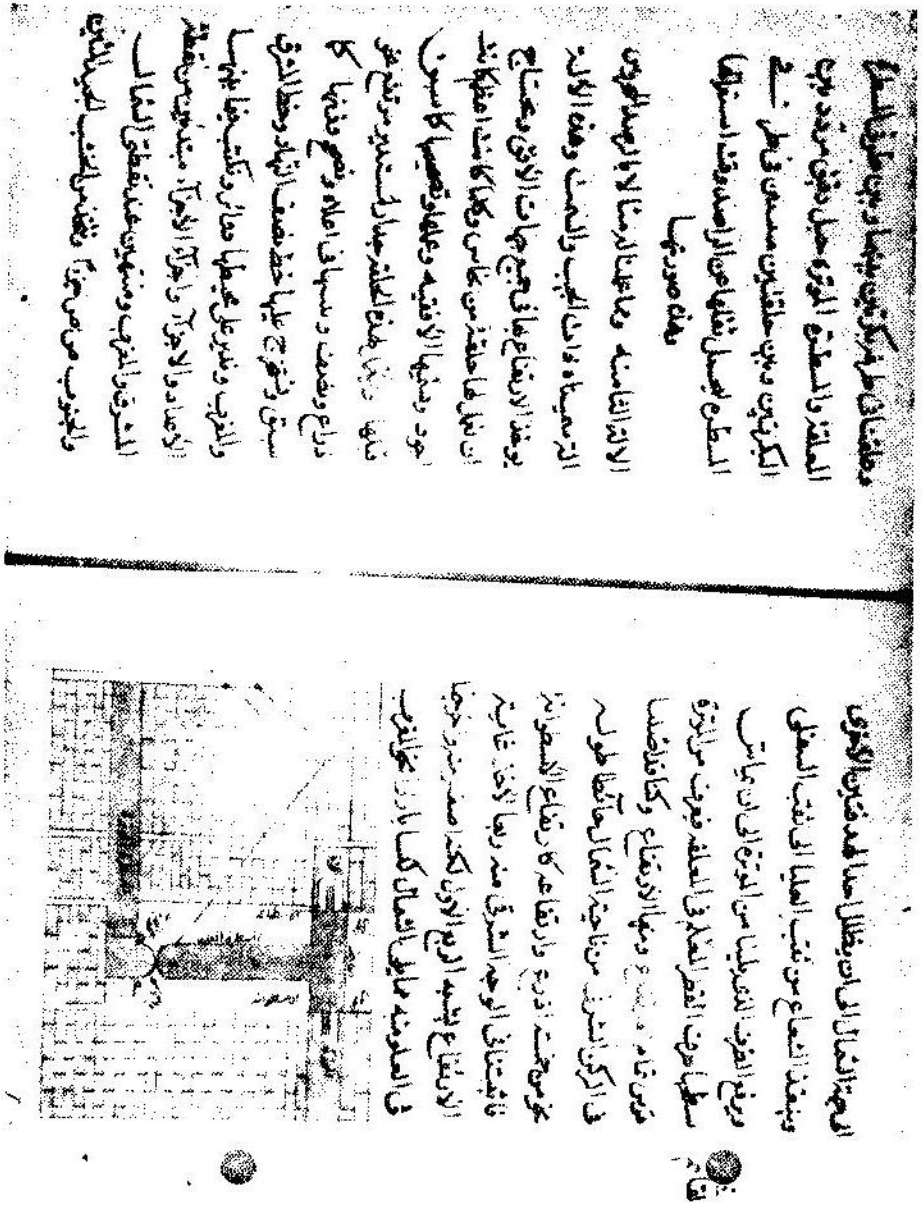
۱. نام تراز بنایی است که در کارهای بنایی و ساختمانی و افقی ساختن سطوح به کار می‌رفته است ص ۶۰، نسخهٔ انگلیسی (FATHIN)

می‌گذاریم و در انتهای آن یک زایده نصب می‌کنیم. این قطعه مربوط به شعاع دایرهٔ به وجود آمده است که با خط‌کش آن هم در زمانی که به دور میلهٔ عرضی گردش می‌کند درست شده و فعلاً آن را دستگاه «نیم قطر» می‌نامیم.

از وسط محور میلهٔ عرضی صلیبی یک **شاقول آویزان** می‌کنیم و در محل نوک شاقول پایه‌ای می‌سازیم. روی پایه دو سوراخ تعبیه می‌کنیم و آنها را به عنوان حایل‌هایی به کار می‌بریم برای یک میله با ستون آهنی که درون آن می‌چرخد و دارای یک قطعه فلز مربع است. در دو طرف آن میله‌های حایل را به ترتیبی کار می‌گذاریم که فاصلهٔ عمودی از خط محوری پایین آهن تا محور بالایی برابر باشد، آن هم با نصف قطری که شرحش در بالا گذشت. حال خط‌کش دوّم را از چوب ذکر شده می‌سازیم. در انتهای آن زایدهٔ مدوری تراشیده شده است که در مرکز آن سوراخ مربعی با سطوح متوازی وجود دارد. در آن قطعهٔ میانی محور مربع شکلی را جا می‌دهیم که محور آهنی در این سوراخ محکم می‌گردد. در انجام این عمل نیمی از قطعهٔ میانی در داخل خط‌کش واقع می‌شود و نیم دیگر در اتصال مدور دوّمی. این محور آهن داخل سوراخ طوری قرار گرفته است که دو سر استوانه‌ای آن از خط‌کش کار گذاشته شده امتداد می‌یابد.

خط مرکزی و میلهٔ عرضی در صفحهٔ سطح خط‌کش قرار می‌گیرد که (دوّمی) را به طرف آسمان نشان‌گیری می‌کنند. دو محور میلهٔ پایین در دو طرف خط‌کش امتداد می‌یابد و بر تکیه گاهها قرار می‌گیرد. طول خط‌کش دوّمی را که نیم قطر بلندی دارد تقریباً پنج دوازدهم قطر افزایش می‌دهیم (آر ـ ۷۳ اف). در اجرای این عمل، طول دومین خط‌کش (به طوری که در عمل اندازه گرفته شده) از محور آن تقریباً یک و نیم برابر نیم قطر است. خط‌کش دومی را «خط‌کش وتری می‌نامیم» که از وتر یک قوس گرفته شده است.

(اس ۸۵) حال میلهٔ آهنی را که شفت خوانده می‌شود، در تکیه گاههای پایه نصب می‌کنیم؛ به طوری که سطح غربی خط‌کش وتری با اطمینان و به خوبی در حال چرخش در امتداد سطح شرقی بلغزد و از محور بالایی آویزان باشد. سطح آنها یکدیگر را دقیقاً لمس کرده با هم مماس می‌شوند و تشکیل سطحی می‌دهند که سطح نصف‌النهاری خواهد بود. در سطح بالایی سطح غربی خط‌کش وتری قرار دارد. مثلاً بر سطح لغزندهٔ خط‌کش وتری که از محور آهنی آن شروع می‌شود طولی را برابر نیم قوس مقابل قطر علامت می‌گذاریم و آن را به شصت



شکل ۳۰. دستگاه دو خط‌کش «ذات استوائتین» از کتاب اصلی

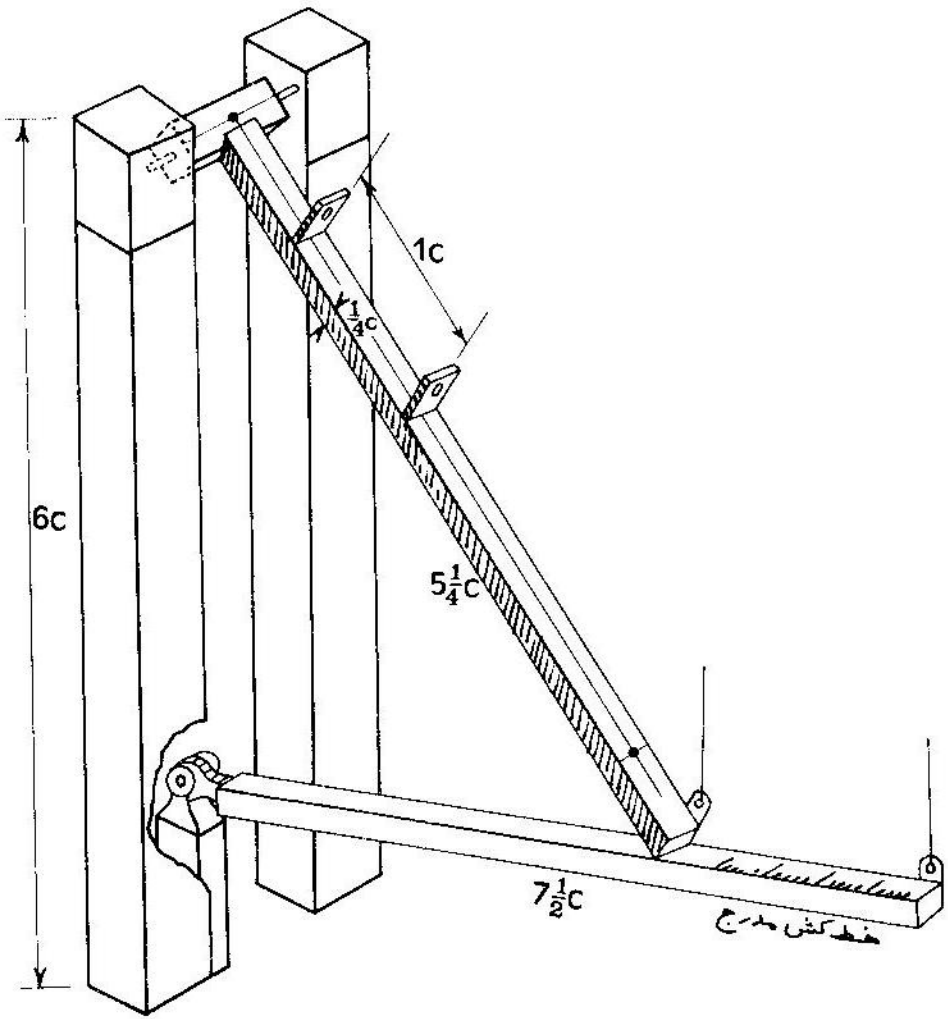
قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم قسمت باقی‌مانده را به بیست و پنج قسمت تقسیم می‌کنیم. بنابراین در مجموع، هشتاد و پنج قسمت روی خط کش (مربوط به یک و پنج دوازدهم برابر شصت قسمت از شعاع کرده) داریم.

هر قسمت را به شصت دقیقهٔ کوچکتر تقسیم می‌کنیم، تقسیمات همانند زیر اجرا می‌شود. به موازات ضلع لغزندهٔ بالایی در سطح بالایی غربی چهار خط رسم می‌کنیم که در این طرف چهار زمینه مشخص می‌شود. در زمینهٔ خارجی دقیقه‌ها را درج می‌کنیم که برابر با ۵۱۰۰ قسمت مساوی می‌شود، سپس متوجه داخل می‌شویم، در دوّمین قسمت تمامی جزئیات را حک می‌کنیم. در کار بعدی که سومین کار ماست قوسهای مربوط به وترهای دوّمین زمینه را قرار می‌دهیم. بنابراین مقیاس و اعداد نوشته شده این برتری و مزیّت را دارد که در زمان استفاده از دستگاه احتیاجی به جدولهای دیگر نداریم. در سطح زمینهٔ داخلی چهارمین که از بقیهٔ سطوح پهنتر است، تقسیمات پنجگاه را می‌نویسیم. شماره گذاری از مرکز محور آهنی خط کش شروع شده در انتهای خط ادامه یافتهٔ اولیه علامت‌گذاری شده و ختم می‌شود، که برابر با هشتاد و پنج قسمت مساوی است.

در سطح شمالی خط کش آویزان، دو دیدگاه محکم درست می‌کنیم که به موازات یکدیگرند و یک اندازه هستند که فاصلهٔ آنها از یکدیگر یک ذراع است.

وقتی خورشید در نصف‌النهار است، لبه و نوک خط کش آویزان شده را به طرف شمال معطوف می‌کنیم تا وقتی یک زایدهٔ قراولروی سایه‌اش را بر دیگری بیندازد، یا موقعی که شعاعهای خورشید از نزدیکترین سوراخ دیدگاه قراولروی به نور خورشید از سوراخ دیدگاه پایینی گذر کند. سپس خط کش پایینی را بلند می‌کنیم تا جایی که به علامت روی خط کش بالایی مربوط به انتهای نیم قوس قطر برسیم. (س ۸۶). آن وقت روی خط کش پایینی قسمتی از ارقام راکه روی خط کش بالایی علامتگذاری شده می‌خوانیم. با شروع از محور، وتر متعلق به این قوس را به دست می‌آوریم و از آن قوس متّمم عرض جغرافیایی را به دست می‌آوریم. در مجاورت ستون شرقی در سمت شمال، دیواری به طول پنج زراع و به بلندی ستون بنا می‌کشیم. روی سطح شرقی آن یک ربع جداری که با آن می‌توانیم ماکزیمم عرضهای جغرافیایی را اندازه بگیرم وصل می‌کنیم که آن ربع جداری باید کوچکتر از ربع جداری مادر باشد. بر قسمت شمالی بالایی دیوار میلهٔ امتداد یافته‌ای به سوی مغرب می‌گذاریم. در انتهای

آن دو قرقره وصل می‌کنیم. روی این دو قرقره یا چرخک ریسمان باریکی می‌بندیم که به دو حلقهٔ ثابت شده به انتهای خط کش آویزان وصل است و در حقیقت برای تحمل وزن رصدکننده است.



شکل ۳۱. دستگاه دو خط‌کش با طرح صحیح

برای تعیین سینوس و آزیموت[1] (اف ۷۳ ـ آر و س ۸۷)
(اس ۸۸ ـ وی ـ ۷۳ اف)

در بین وسایلی که در رصدخانهٔ مورد نظر ساخته‌ایم، وسیله‌ای است که با آن می‌توانیم مقادیر سینوس و آزیموت را تعیین کنیم.

(اس ـ ۸۹) حال حلقه‌ای از مس را می‌سازیم که هر چه بزرگتر باشد بهتر است و آن را «حلقهٔ افق» می‌نامیم. ساختن و کنترل آزمایش حلقه و دستگاهها به همان ترتیبی انجام می‌گیرد که قبلاً شرح داده شده است. حلقه را روی سطح بالایی دیوار مدوری که ارتفاعش ۹۷/۵ سانتی‌متر (۶۵ ذراع) است محکم کرده تعادل وزن آن را مانند قبل تنظیم می‌کنیم. روی سطح بالایی حلقهٔ نصف‌النهار و در جهتهای شرقی و غربی چهار دایرهٔ هم مرکز ثبت می‌کنیم. درجات و تقسیمات آنها را در هر مورد روی ربع دایرهٔ ۹۰ درجه از شرق به غرب و به نقاطی که به شمال و جنوب ختم می‌شوند در فضای بین آن دو و پایه می‌نویسیم.

از چوب توپر و محکم که مقطع مربع شکلی دارد و به ضخامت یک سوم ذرع است خط کشی با قطر سطح فوقانی دایرهٔ ساخته شده می‌سازیم، به طوری که انتهای آن بالای قسمت داخلی سطح کشویی حلقه حرکت کند. در وسط قطر و در گوشه‌های سمت راستی آن چوب صلیبی شکل به درازای حدود دو ذرع و ضخامت یک سوم ذرع نصب می‌کنیم. قطر چوبی ساخته شده و چوب صلیبی شکل با دو برش در وسط آنها محکم به هم وصل می‌شوند. میلهٔ آهنی قطبی لغزنده و متحرک (مانند شکل ۳۱) و در خط کش گوشه‌های سمت راست به دو خط کش وتری و نیم قطر محکم شده‌اند (آر ـ ۷۴ اف). در امتداد وسط سطح بالایی قطر چفت و بستهای دُم چلچله‌ای را می‌سازیم. همین طور وسط جایی راکه پهنای بالایی و مقدار عمق آن به یک ششم ذرع برسد برش می‌دهیم. حلقه‌ای راکه ارتفاعش کمی بزرگتر است تراز می‌کنیم. وسط میله قطر در گوشه‌های سمت راست و طرف شیار دو لبه با طول مساوی ایجاد می‌کنیم که بر قطر چوب صلیبی شکل عمود بوده با شعاع حلقهٔ افق هم درازا و هم اندازه باشد. هر یک از اینها چهارگوش و صاف با سطوح موازی و مقطع مستطیلی شکل هستند. ضخامت برش عرضی مربع شکل آنها یک ششم ذرع خواهد بود. در امتداد وسط سطح هر لبه برشی می‌دهیم که پهنای آزاد و مقدار عمق تمام نشدهٔ آن به اندازهٔ انگشت کوچک دست است. عمق

۱. نام دیگر آن، دستگاه الت عظیمه است.

آن برش باید به خوبی پرداخت و صیقلی شده باشد. این لبه‌ها روی وسط قطر در کناره‌های شیاری که در آن وجود آورده‌ایم طوری جا داده می‌شود که شیارهای کشویی مقابل یکدیگر قرار گیرند. اگر این دو محل را روی شیارهایی که ارتفاع یکسان دارند با یک خط افقی ارتباط دهیم و اگر در مرکز آن یک خط عمودی بسازیم قسمت انتهایی یا ته آزاد خط کش دومی باید از وسط حلقهٔ اس ۹۰ بگذرد.

خط کشهای بالایی یا یک تسمهٔ آهنی که آنها را در حالت درستی قرار می‌دهد نگهداری و به هم وصل می‌شوند.

هر لبه با سه بست فلزی شکافدار حمایت می‌شود. یکی از این بستهای شکافدار امتداد پیدا می‌کند و از یک قسمت چوب صلیبی شکل شروع شده به یک سوم ارتفاع لبه ختم می‌شود. دو بست شکافدار دیگر از قطر در هر مورد از فاصلهٔ یک و نیم ذراعی از مرکز آنها امتداد می‌یابد و به یک سوم ارتفاع ستون ختم می‌شود.

به وسط سطح پایینی چوب صلیبی شکل، که در مرکز حلقهٔ افقی قرار دارد، یک میلهٔ آهنی قوی به طول یک و نیم ذراع وصل می‌کنیم. قسمت پایینی آن در حفرهٔ آهنی گردی می‌چرخد، این قسمت در گودال مربع شکلی در یک صفحه تکیه گاه سنگی که در مرکز دیوار مجاور بر پا شده است قرار دارد. برای این منظور یک تختهٔ مربع شکل چوبی با اضلاعی که کمتر از دو ذرع نباشد می‌سازیم. سوراخی را در وسط آن طوری ایجاد می‌کنیم که میله بتواند درون آن آزادانه بچرخد و به آسانی بتوانیم سطح آن را تنظیم کنیم. برای آسان کردن چرخش میله در جایی که تخته روی آن قرار می‌گیرد پایه‌ای می‌سازیم. سوراخ دیگری در وسط صفحهٔ تکیه گاه ایجاد می‌کنیم. در انتهای سوراخ صفحهٔ تکیه گاه سنگی در وسط آن سوراخ مربع شکلی وجود دارد، در این سوراخ قطعه آهنی با یک سوراخ گرد که در وسط آن درست شده است کار می‌گذاریم. این سوراخ به عنوان حفره‌ای برای قسمت پایین میله طوری به کار می‌رود که میله به طور صحیح بچرخد. زمانی که خط کشها دور می‌چرخند محل حرکت نباید نشان داده شود و باید آزاد بازی کند.

دو خط کش می‌سازیم هر یک به طول نصف قطر با برش عرضی مربع شکلی به عرض یک ششم ذراع. دو انتهای هر یک نیمدایره‌های کشویی متحرکی دارد که از خط کشها با دو سوم عرض آنها امتداد می‌یابد. این امتدادها باید در اطراف سطوح متضاد دو خط کش باشند. برای

یک خط کش امتداد از وسط تقسیم می‌شود. یکی از این دو خط کش را با قرار دادن امتداد خط کش دیگر در داخل این شکاف محکم می‌بندیم. بعد آنها را با یک پین یا یک میله یا سنجاق آهنی به یکدیگر ارتباط می‌دهیم. بدین ترتیب نوعی پرگار شکل می‌گیرد که پایه‌های آن از خط کشها به وجود آمده است. این پایه‌ها باید به ترتیبی درست شوند که هنگامی که تا می‌شوند همدیگر را کاملاً بپوشانند. این خط کشها را خط کشهای رصدی می‌نامیم. در انتهای پایه‌های محور یا این پایه‌ها دو میلهٔ مدور وجود دارد که به اندازهٔ ضخامت میلهٔ محوری بیرون آمده است، به طوری که قطرهای این پرگارها با پهنا و عرض شیار برابر می‌شود تا بتوانند حرکات پایین و بالا و سایر حرکات را آزادانه و بدون اصطکاک انجام دهند. (اس ـ ۹۱) از چوبی سخت یا از فلز مس دو عدد کشو به طول یک فطر می‌سازیم. در سر و انتهای آنها ضمیمه زایده‌ای به صورت نیمدایره درست می‌کنیم که مقطع آنها مربع و به شکل شیاری است. پایین هر کدام از قسمت بالایی آنها عریضتر است. آنها دقیقاً در گودیهایی که کُم و زبانهٔ دم چلچله‌ای دارند جفت می‌شوند، به طوری که آنها را می‌توان بدون هیچ لق‌خوردگی و ناهمواریی در داخل کشو قرار داد.

هر دستگاه لغزنده یک ضمیمه و اتصالی نیمدایره‌ای دارد که در وسط آن یک شکاف وجود دارد. در این شکافهاست که اتصالات نیمدایره‌ای در انتهای آزاد خط کشهای رصدی جا می‌گیرد.

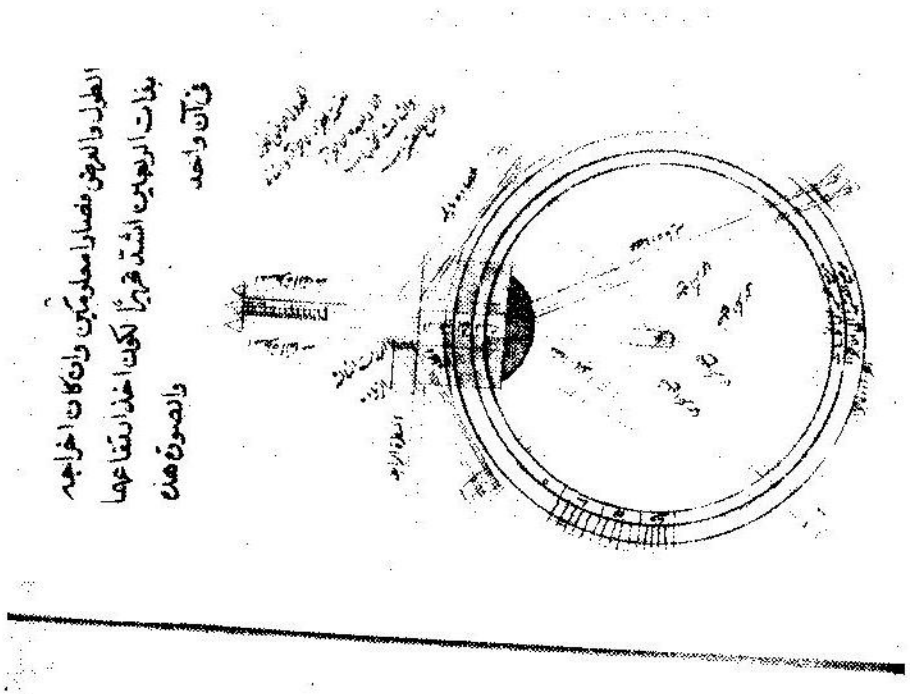
در هر کدام از این دو سوراخ یک پیچ قرار می‌دهیم که تشکیل یک اتصال (از خط کشها) گردنده با لغزنده‌ها می‌دهد. در دو طرف لغزنده‌ها، عقربکها یا زایده‌هایی وصل می‌کنیم که روی مقیاسهای حکاکی شده در دو طرفهای شیار قطر حرکت می‌کند و اعداد و ارقامی را نشان می‌دهد.

دو خط کش رصدی از هر لحاظ باید با هم برابر باشند، به طوری که فاصلهٔ بین مرکزهای دو اتصالیهای نیمدایره‌ای که روی یکی از آنها نصب شده باید با فاصلهٔ دیگری برابر باشد. در اینجاست که ساختن دستگاه خاتمه می‌یابد و بر سطح بالایی قطر، در دو طرف شیار، مقیاسهای خیلی دقیق و کوچکتری حک می‌کنیم. با شروع درجه‌بندی از مرکز قطر هر کدام از ربعها را به شصت قسمت برابر تقسیم می‌کنیم و هر کدام از این قسمتها را تا آنجا که ممکن باشد به قسمتهای کوچکتری تقسیم می‌کنیم. تقسیمات پنجگاه را با خطوط متوازی و موازی

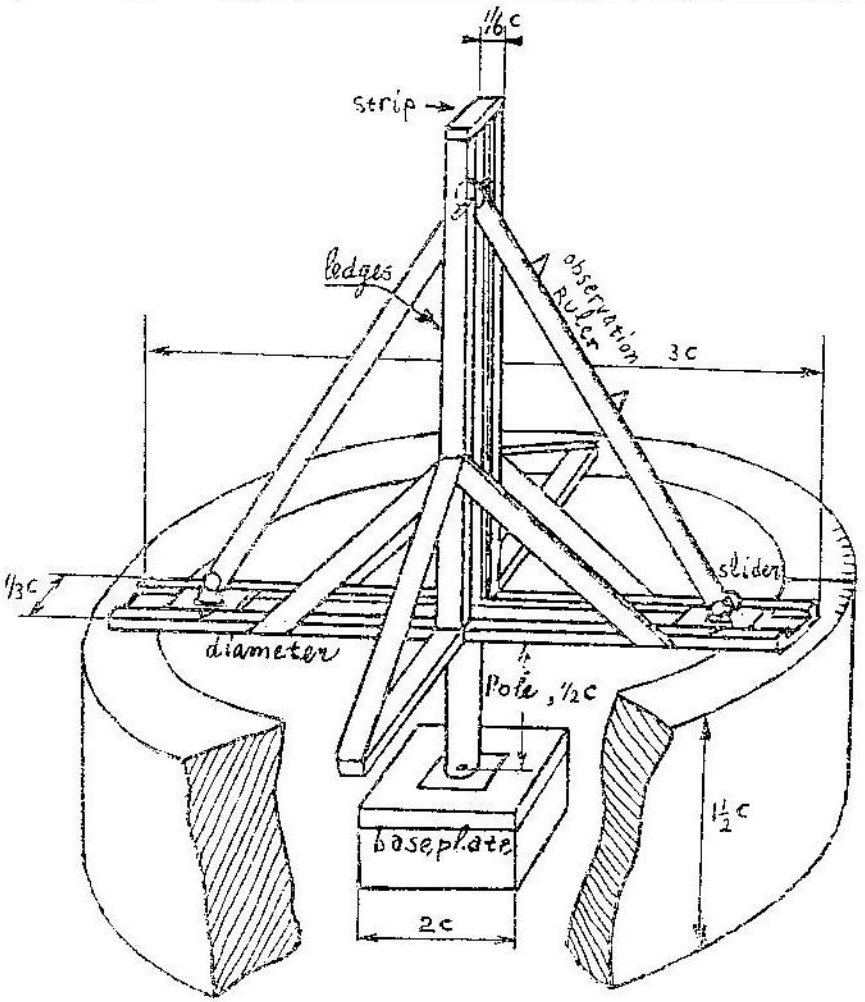
شیارهای وسط قطر از یکدیگر جدا می‌کنیم. شماره‌گذاری تقسیمات از مرکز قطر آغاز می‌شود و در سر آن ختم می‌شود. در این جاست که از روی مقیاسها، جائی‌که عقربکها به لغزنده‌های خط کشهای رصدی بسته شده‌اند، می‌توانیم سینوس متّمم عرض جغرافیایی را به آسانی بخوانیم (به شکل ۳۱ مراجعه شود).

روی هر کدام از سطوح بالایی دو خط کش رصدی دو دیدگاه یا زایدهٔ قراولروی که به اندازه‌های برابر هستند وصل می‌کنیم که طبق معمول دارای سوراخها و شکافهایی برای دیده‌بانی و قراولروی است. اگر دو خط کش رصدی برابر نیم قطر باشند ناچار تقسیمات تا انتهای نیم قطر خواهد رسید. اگر این خط کشها کوتاه باشند قطعاتی از امتداد خط کشها باقی خواهد ماند که دارای درجه‌بندی نخواهد بود.

برای اندازه‌گیری دقیق باید شعاع دید از سوراخهای هر دو دیدگاهها بگذرد عقربکهایی که نمایانگر یا نشانگر خوانده می‌شوند روی لبهٔ خط کشهای رصدی همیشه با فاصلهٔ برابر از مرکز (حلقهٔ افق) قرار می‌گیرند. در عرض لبه‌های نیمدایره‌ای به انتهای خط کشهای نجومی و لغزنده‌ها وصل شده‌اند (اس ـ ۲۹). همچنین می‌توانیم با ریختگی از مس یا لولاهایی از آهن (اف ۷۵ ـ آر) در سرهای خط کشها که بر مراکز چرخیدن نصب شده‌اند آنها را محکمتر نگهداری کنیم، به طوری که خیلی راحت‌تر حرکت کنند. همهٔ اینها بسته به عنایت خداوند است که اگر خواست خداوند تعلق گیرد ساخته خواهند شد. شکل زیر دستگاه سینوس و آزیموت است که آن را ساخته‌ایم.



شکل ۳۲. دستگاه سینوسی و محاسبهٔ آزیموت از کتاب اصلی



شکل ۳۳. شکل صحیح طراحی شدهٔ دستگاه سینوسی و محاسبهٔ آزیموت

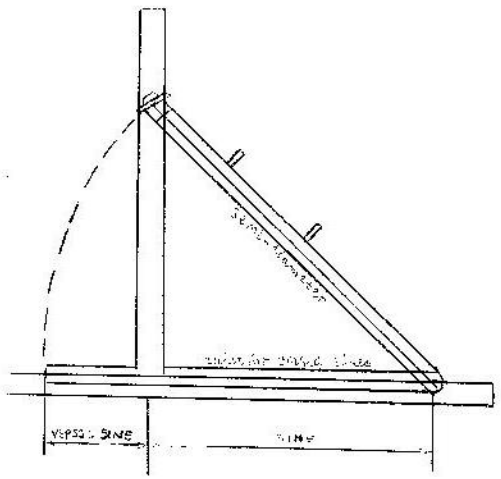
دستگاه محاسبهٔ سینوس و سینوس ورس (اف ۷۵ ـ آر و اس ۹۳)

بین دستگاههایی که در رصدخانه ساخته‌ایم، دستگاهی برای سینوس جیب و قاطع‌التمام، (کسکانت) وجود دارد. در یک زمان با آن می‌توان آزیموت را مشخص کرد. این وسیله شامل حلقهٔ افق، قطر، میلهٔ عرضی، و محور آهنی می‌شود که دستگاه به دور آن می‌چرخد و در داخل محفظه‌ای نگهداری می‌شود. این دستگاه بسیار ساده دارای ستون کوچک عمودی است که با زاویهٔ قائمه به مرکز قطر وصل شده است. میله‌ای است که ستون عمودی را با میلهٔ افقی و قطر و میله‌ای که شکل وتر مثلث است با هم نگه می‌دارد. تمام این وسیله مانند دستگاه و ابزاری است که قبلاً شرح داده‌ایم.

دو خط کش که طول آنها به اندازهٔ درازای شعاع دستگاه ساخته شده و پهنایشان به اندازهٔ یک ششم زراع و ضخامتی یکسان می‌سازیم. انتهای خط کش زایده‌ای (اس ۹۴) به شکل نیمدایره دارد یا به جای آن میله‌ای از آهن در آن کار می‌گذاریم که نیمی از آن در بدنهٔ خط کش فرو می‌رود. حال این دو خط کش به گونه‌ای که قابل چرخش باشند با پیچهایی آهنی به یکدیگر وصل می‌شوند و همانند خط کشهای رصدی که قبلاً شرح داده‌ایم عمل می‌کنند، ولی دارای زایده‌هایی در سر نیستند. خط کشی که روی طول شیار که به آن چفت شده‌است به طریقی حرکت می‌کند که در قطر بخوابد. حرکت وتر این خط کش باید روی صفحهٔ افقی کاملاً بخوابد. این دستگاه را «خط کش کسکانت» یا تعیین کنندهٔ سینوس ورس می‌نامیم. خط کش دیگری که وتر این دستگاه برابر با نصف طول قطر است و بالای رأس آزاد آن یک زایده دارد با شیاری مستطیلی که در آن با یک میلهٔ گرد که اضافه‌های آن از دو طرف بیرون آمده می‌سازیم. میله‌ها در شیارهای هادی دوکشویی طوری حرکت می‌کنند که خط کش وتر می‌تواند در آن به خوبی بالا و پایین برود. روی خط کش وتری که به طول شعاع دایره است علامتی می‌گذاریم. فاصلهٔ بین این علامت و پیچ را، که انتهای بالایی خط کش است (اس ـ ۹۵)، روی قسمت قاطع‌التمام وصل می‌کنیم، به طوری که طول سینوس و زایدهٔ آن برابر شعاع دایره باشد. روی هر کدام از سطوح کناری زایدهٔ ستون چوبی عمودی را با اندازه گیری روی چوب افقی که برابر با شعاع دایره است تقسیم‌بندی می‌کنیم. قسمتها را به شصت قسمت برابر تقسیم می‌کنیم و هر قسمت را تا آنجا که ممکن باشد به بخشهای کوچکتری تقسیم می‌کنیم که همان تقسیم‌بندی بر خط کش سینوس ورس است. روی خط کشی که دارای

شیار کشویی است، شماره‌گذاری و درجه‌بندی از مرکز محل اتصال آغاز می‌شود. این خط کش با یک میخ یا میله به خط کش شعاعی وصل می‌شود. آن قسمت از خط کش عمودی که روی خط کش افقی حرکت می‌کند در داخل مثلث چوبی مقادیر سینوس با متمم عرض جغرافیایی است و آنچه که خارج خط کش افقی قرار می‌گیرد مقدار کسکانت یا مقدار زاویهٔ قوسی عرض جغرافیایی است.

شماره‌گذاری تقسیمات روی سطوح کناری لبه‌های عمودی در پایین و از نزدیک خط کشی که ابتدای شروع قطر است آغاز می‌شود و در علامات ساخته شده بر زایدهٔ خط کشها خاتمه می‌پذیرد. قسمتی از این مقیاس که با نیم میله خط کش عمودی قطع می‌شود، مربوط به سینوس قوس عرض جغرافیایی است. روی سطح بالایی خط کش وتر دو دیدگاه یا دو زایده با سوراخ قراولروی وصل می‌کنیم. توصیف مجدد آنها در اینجا لزومی ندارد و قبلاً توضیح داده شده است، به این ترتیب با حرکت وتر شعاعی که به محل نیم قطر نسبت به ستون عمودی متحرک وصل شده مقادیر سینوس عرض جغرافیایی به دست می‌آید. این ابزار و وسیله موارد استفاده دیگری هم دارد که هر کس می‌تواند دنبال پژوهشهای خود را بگیرد. در اینجا تصویر این دستگاه آمده است (آخر وی ـ اف ۷۵) به شکل ۳۴ شکل خط کش محاسبهٔ سینوس و کسکانت است. بقیهٔ دستگاهها مانند دستگاهی است که برای محاسبهٔ سینوس و آزیموت گفته‌ایم.

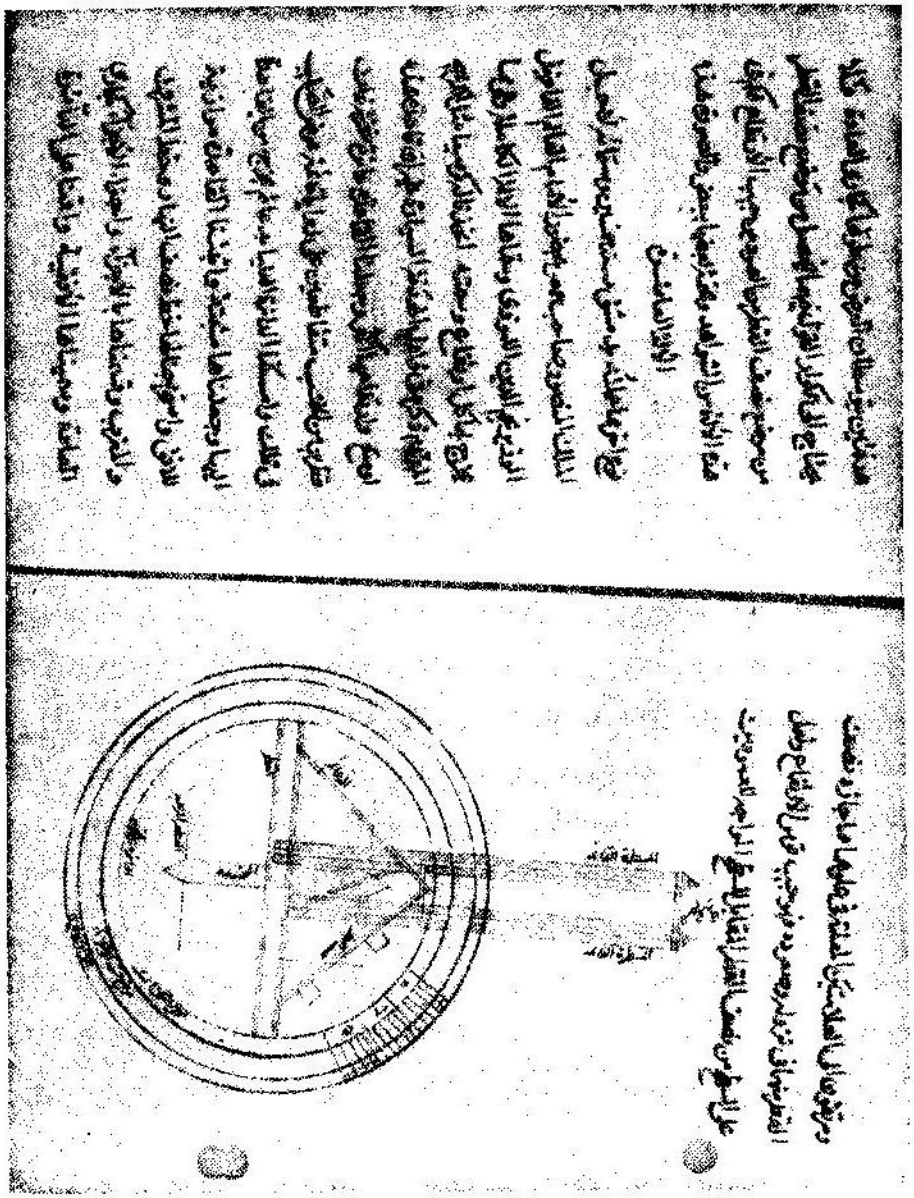


دستگاه کامله (اف ۷۶ ـ آر، اس ۹۶)

(اس ۷۹) نوع متفاوت دیگری از دستگاهها مربوط به دستگاهی است که در سال ۶۵۰ هـ ـ ق (۱۲۵۶ میلادی) در دمشق برای منصور شاه، حاکم (حمص) در ناحیه و منطقهٔ امام بزرگوار دانش پژوه عالی مقام وزیر نجم‌الدین‌الله‌جودی[1] Najm Al Din Al Lajudi ساخته‌ام که او آن را «وسیله و دستگاه کامل» خواند. با آن هر محققی می‌تواند مقادیر آزیموت و عرض جغرافیایی را به دست آورد. چهار قطعه چوب را به صورت بعلاوه به هم وصل می‌کنیم شبیه آنکه در وسیله‌ای با دیدگاه متحرک ساخته بودیم. این قاب صلیبی مربعی فقط قدری بزرگتر و بلندتر است. دور و اطراف این قاب یک حلقهٔ بزرگ ساخته داخل آن دو ستون به طول مساوی که به طور قایم به یکدیگر وصل شده‌اند گذاشته می‌شود. بالای پایهٔ اولی صفحهٔ مدوری نصب می‌کنیم که دارای سوراخی در مرکز است که به هشت پایهٔ چوبی مورب بسیار قوی که از پایهٔ پایین بیرون آمده وصل می‌شود. پایه دقیقاً به موازات افق تنظیم شده است برای این کار نصف‌النهار و خط مشرق مغرب را باید تعیین کنیم، بعد مانند گذشته آن را ب درجه‌های کوچکتری تقسیم می‌کنیم و این دستگاه را «حلقهٔ افق» می‌نامیم. در مرکز «حلقهٔ افق ستون گردی که بتواند به خوبی بچرخد و صفحهٔ مدور سوراخ شده‌ای که سوراخی به قطر یک سوم ذراع که به اندازه قطر میله است می‌سازیم و میلهٔ عمودی یا ستون را به آن وصل می‌کنیم به طوری که از این صفحه بگذرد. خیلی دقت شود که ستون قایم متصل شده به پایهٔ صلیب این صفحه کج و مایل و منحرف نباشد، چون باید همیشه عمودی و به طور قایم باقی بماند روی این ستون صفحه‌ای گرد و دایره شکل وجود دارد و روی این صفحه که به بالا امتد دارد دو صفحهٔ تخته‌ای مستطیل شکل که عرض آن یک چهارم زراع است قرار دار (شماره‌های ۱ و ۲ شکل ۳۶). در قسمت بالای این تخته‌ها که دو عدد هستند. (اس ۹۸) ه یک سر آن مستطیلی از چوب محکم (اف ۷۶ ـ وی) به ابعاد دو سوم زراع طول و نیم زر ارتفاع و عرض نصب می‌کنیم. باید با میخکوبی محکم مطمئن شویم که سر آن به قسم مربوط به خود محکم شده است.

با این کار سطح پایین این قسمت تماس کاملی با سطح فوقانی دایرهٔ چوبی خواهد داش حال به این ستون چهارگوش یک دسته وصل می‌کنیم تا ستون چهارگوش (شمارهٔ ۱ و ۲)

۱. در متن کتاب عربی که در سال ۱۲۷۵ هـ ق خطاری شده «نجم‌الدین‌الموزی» نوشته شده است.



شکل ۳۵. دستگاه کامله از کتاب اصلی

وسیله آن به هر طرف بچرخد، به طوری که دسته‌های ۳ و ۴ که به ستونهای ۱ و ۲ بسته شده‌اند روی سطح دایره به آزادی و راحتی بچرخند.

سه خط کش مستطیلی از مرغوبترین و محکمترین چوبها به طول چهارونیم زراع و ضخامت به هم چسبیدهٔ آنها یک ششم زراع می‌سازیم. دو تای آنها را در شیار ستونهای چوبی ۱ و ۲ قرار می‌دهیم، به طوری که فاصلهٔ این دو خط کش که به هم چسبیده‌اند با خط کش دیگری که در پایین نصب شده شش زراع باشد. این خط کش را خط کش عرض جغرافیایی می‌نامیم. در سرتاسر طول سطوح هر یک از سه خط کش خطوط مستقیمی ترسم می‌کنیم تا پهنای آنها را به دو قسمت تقسیم کند. در انتهای بالایی خطوط میانی دو خط کشی که عمودی‌اند علامتی می‌گذاریم. این علایم به فاصلهٔ مساوی از سر خط کشهای عمودی هستند. در آنها دو سوراخ که روبه‌روی یکدیگرند درست می‌کنیم، جایی که انتهای خط کش ۱ و ۲ را که سوراخ کرده‌ایم باید به آنجا نصب شوند. این خط کش افقی در میان خط دو خط کش عمودی شکافدار گذاشته می‌شود و با میلهٔ آهنی که به جای لولاست از سوراخ گذرانده می‌شود و آن را با مهره‌هایی می‌بندیم. حال بر سطح فوقانی خط کش عرض جغرافیایی (شمارهٔ ۳) دو زایده برای رؤیت و عبور دید یا دیدگاه قرار می‌دهیم. این سوراخها دقیقاً به فواصل مساوی از پهنای زایده‌ها و قطر و اندازهٔ آنها برابر و به همان ترتیبی است که برای دستگاههای قبلی گفته‌ایم. این خط کش باید به ترتیبی باشد که سطح بالای ستونهای عمودی را به آسانی لمس کند (اس ۹۹). حال از مرغوبترین چوبها خط کش مستطیل چهارمی را می‌سازیم. طول آن باید یک و نیم برابر خط کش سومی باشد و پهنای آن هم مانند پهنای یکی از خط کشهایی باشد که قبلاً ساخته‌ایم، یعنی ۴ انگشت و ضخامت آن پنج انگشت. این خط کش را خط کش وتری می‌نامیم و باید دارای مشخصات زیر باشد. در انتهای قسمت عرضی آن طولی برابر با یک زراع داریم، پهنایی به اندازهٔ یک ششم ضخامت خط کش، و ضخامتی برابر ضخامت آن و در سطح مقابل آن برشی به مقدار یک سوم زراع بر طولی به اندازهٔ نیم زراع داده می‌شود. مقدار آخری مربوط به پهنای عمودی است. خط کش وتری را با آن قسمت از انتهای برش یافته‌اش بر سطح خارجی یکی از خط کشهای عمودی می‌گذاریم. سطوح داخلی دومی و یکی از خط کشهای وتری باید در یک صفحه بخوابند. این همان صفحه‌ای است که خط کش میانی در امتداد آن می‌چرخد. نشانه‌ای در انتهای پایینی خط میانی

سطح خارجی خط کش قایم درست می‌کنیم. فاصله از آن نشانه تا محور میله مابین میلهٔ بالایی خط کشهای قایم روی خط کش عرضهای جغرافیایی با شروع از ابتدای آن رسم و علامتگذاری می‌شود. فاصله‌های نشانه گذاری و تقسیم‌بندی شده به این طریق به خط کش بالایی مربوط می‌شود که در انتهای این قطعه وقتی که خط کش میانی به چرخش درآید تعریف می‌شود.

در محل نشانه یک میله گرد آهنی به ضخامت تقریبی یک انگشت کوچک (اف ۷۷ ـ آر) و به طول یک چهارم زراع عمود بر محور خط کش کار می‌گذاریم. در انتهای خط کش وتری و از وسط آن سه قطعه که دارای سوراخ چشمی باشند نصب می‌کنیم که در داخل انتهای سطوح امتداد یافته (خط کش وتری) تا نیمه وارد شده باشند. قطر این میله‌ها باید برابر با عرض خط کشها باشد و محور میله باید به ترتیبی باشد که خط کش عرض جغرافیایی بر سطح بالای خط کش وتری قرار گیرد. لولهٔ چشمی باید روی خط کش فوقانی قرار گیرد، به طوری که مانع حرکت خط کش وتری نباشد و بتواند به خوبی بچرخد.

سطح بالایی خط کش وتری باید با خطوط متوازی به تقسیمات باریکی تقسیم شود. قسمت روی میله (اس ۱۰۰) (خط کش وتری) مربوط به آنچه قبلاً گفته‌ایم هنگام چرخش باید به شصت قسمت تقسیم گردد. در کنار آنها بیست و پنج قسمت اضافی باقی‌مانده روی خط کش باید تقسیم‌بندی شود. بنابراین در مجموع هشتاد و پنج قسمت مساوی خواهیم داشت. این قسمتها تا آنجاکه ممکن است به اجزای کوچکتر تقسیم می‌شود. شماره گذاری تقسیمات را از مرکز میله (از خط کش وتری) آغاز می‌کنیم. در مقابل تقسیمات، مقادیر قوسها را درج می‌کنیم. مقادیر به قوسهایی که با آنها مطابقت دارند از جدولهای قوسهای الکیسی[1] استخراج می‌شود. قوسهای آنها دقیقاً همانهایی خواهد بود که برای وسیله‌ای با دو خط کش شرح دادیم به کار می‌روند.

برای محاسبه و اندازه گیری، به همان طریقهٔ با دو خط کش عمل می‌کنیم. با دسته محور چرخش را می‌گردانیم تا جایی که سطح خط کش میانی که مقابل سطح مربوط به خط کش وترهاست به صفحهٔ دایرهٔ آزیموت ستاره‌ای که باید رصد گردد برسد. انتهای خط کش میانی یا خط کش وتری در مقابل مکانی قرار می‌گیرد که ستاره در آنجا دیده می‌شود. انتهای

۱ Al - Kissi که شاید الغ بیگ باشد.

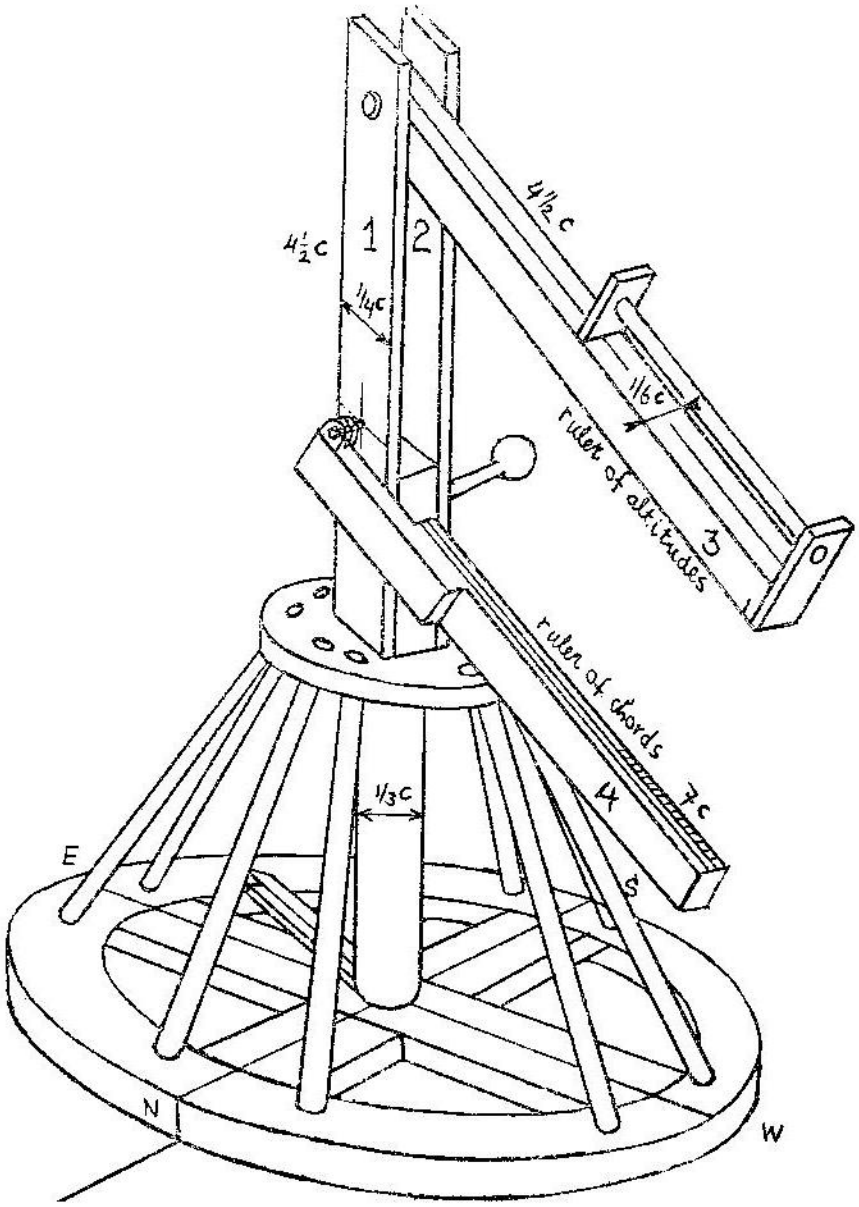
خط کش میانی را به آن طرفی بلند می‌کنیم که همزمان بتوانیم ستاره را از دیدگاههای داخل سوراخها ببینیم، سپس خط کش وتر را تا جایی که سطح بالایی تقسیم شده بالا می‌کشیم تا خط کش نیم قطر، خط کش میانی را لمس کند. از مقدار وتر، مقدار ارقام روی خط کش قوسها را می‌خوانیم. در این حال زاویه‌ای به دست می‌آوریم که اضلاع آن دو خط گذرنده از ستاره و سمت‌الرأس هستند. این زاویه به متمم عرض جغرافیایی ستاره مربوط می‌شود. وقتی مقدار آن از نود درجه تفریق شود مقدار قوس عرض جغرافیایی به دست خواهد آمد. اگر مشغول رصد خورشید باشیم مراحل اندازه گیری آسان خواهد بود، چون در این مرحله اشعه‌های خورشیدی از سوراخهای دیدگاهها می‌گذرند. برای اینکه دچار سردرگمی و اغتشاش نشویم برای رصد یک ستاره برای اندازه گیری عرض جغرافیایی آن باید لولهٔ مستقیمی بین سوراخ دیدگاهها قرار دهیم. در یک انتها، که چشم منجم قرار دارد، دیافراگمی به شکل یک صفحه قرار می‌دهیم که برای جلوگیری از در هم شدن دید موقع رصد یک ستاره به کار برده می‌شود. برای بر پا ساختن این وسیله ابتدا امتداد خط نصف‌النهار را مشخص می‌کنیم، سپس با آن نقاط و جهتهای شمال و جنوب را برابر حلقهٔ افق (اس ۱۰۱) روی پایه با گذاشتن یک علامت مشخص می‌کنیم. پایه را طوری وصل می‌کنیم که سطح بالایی آن به موازات افق باشد. این عمل با ساختن یک بنای سنگی انجام می‌گیرد و باید چنان محکم باشد که باد نتواند آن را حرکت دهد. چوبهای میخی ابتدایی که در سطح محکم کف این ساختمان فرو برده می‌شود باید چنان محکم باشد که پایه‌ها تا حد ممکن قوی باشند و کوچکترین تکانی نخورند.

در پایین محور متحرک، خط کشی عمود بر آن وصل می‌کنیم که روی تقسیمات درجه‌بندی نصب شده و روی حلقهٔ افقِ پایه حرکت می‌کند و خواندن آزیموت را میسر می‌سازد. برای انجام این عمل دستگاه نشان دهنده باید روی صفحهٔ دایرهٔ آزیموت (اف ۷۷ ـ وی) مربوط و منطبق باشد، مثلاً در صفحه‌ای که در آن سطح لغزندهٔ خط کش میانی قرار گرفته است. قسمت زایدهٔ آن باید در کنارهٔ امتداد ستاره باشد، مثلاً مقابل ضلعی که خط کش وتری و خط کش شعاعی را به آن طرف می‌کشیم.

سوراخ آن دوودو سطوح لمس کنندهٔ خط کش وتری و خط کش میانی باید همیشه روی سطح دایرهٔ آزیموت قرار بگیرد.

مشخص است که با این وسیله که ما اختراع و ابتکار نموده‌ایم، بسیاری از مسائل که با ابزار با

دو خط کش مشروحه در المجسطی لاینحل بوده‌اند قابل بررسی و حل هستند. ما با آن می‌توانیم موقعیت نشناختهٔ ستاره را وقتی که موقعیت ستارهٔ دیگری را در طول و عرض جغرافیایی داده شده تعیین کنیم. وقتی که عرض جغرافیایی و آزیموت ستاره را مشخص کنیم از روی این وسایل می‌توانیم درجهٔ زوایای منطقةالبروج و طلوع و برآمدن هر صورت فلکی را پیداکنیم. اگر سریع عمل کنیم می‌توانیم عرض جغرافیایی و سمت‌الرأس ستارهٔ ناشناخته را که قبلاً نه موقعیت آن و نه درجهٔ منطقةالبروج و طلوع آن را می‌دانستیم اندازه گیری کنیم. موقعیت ستارهٔ نامعلوم را در طول و عرض جغرافیایی می‌توان به آسانی پیدا کرد. حل این مسائل با وسیلهٔ دو ربع به سهولت و آسانی قابل حل خواهد بود، زیرا با این وسیله عرضهای جغرافیایی و آزیموتها به طور همزمان قابل اندازه گیری‌اند. این هم شکل وسیله است. (شکل شماره ۳۶)



شکل ۳۶. دستگاه کاملهٔ که صحیح طراحی شده

دو خط‌کش بطلمیوس یا ذات‌الشعبتین

آنچه که بطلمیوس در کتاب المجسطی[1] دربارهٔ کاربرد دستگاهی به نام ذات‌الشعبتین با دو خط‌کش شرح داده است باید گفت نمی‌توان با چنین دستگاهی نتیجهٔ کار درست و صحیح را به دست آورد. شرحی که بطلمیوس در این مورد داده است این است که «دو خط‌کش چوبی که مقاطع آنها مستطیلی و هر یک به درازای ۴ زراع است انتخاب کرده پهنای هر خط‌کش را در سرتاسر طول با خطی نصف کرده علامت‌گذاری می‌کنیم. خط‌کش دیگر را به یکی از پایه‌های خط‌کشی که زاویهٔ قائمه با افق دارد وصل می‌کنیم، آن هم به ترتیبی که دو صفحهٔ مقابل یکدیگر در یک سطح قرار گیرند تا خط نصف‌النهار از امتداد آنها بگذرد. سوراخی در قسمتهای شرقی و غربی بالای خط‌کشها به وجود می‌آوریم، به طوری که میلهٔ محوری داخل این خط‌کشها قرار می‌گیرد که به صورت لولا کار می‌کند. هر دو خط‌کش با میلهٔ لولایی کوچکی (به طول ضخامت هر دو خط‌کش) به هم وصل می‌شود، به طوری که خط‌کش دومی به راحتی و آسانی در طول محور میله و به دور خط‌کش اولی می‌چرخد (س ـ ۱۰۵). در پایین خط رسم شده روی خط‌کش عمودی میلهٔ گردی نصب می‌کنیم که خط‌کش نازک سومی به آن وصل می‌شود، به طوری که می‌تواند دور خود بچرخد.

خط شیاری که در وسط خط‌کش عمودی[2] بین دو فاصلهٔ میلهٔ محور است به ۶۰ قسمت مساوی تقسیم شده است و در امتداد شیار و خط میانی کشیده شدهٔ روی خط‌کش دومی که برابر با طول خط‌کش عمودی از محل اتصال به لولاست علامت‌گذاری شده است. کمی پایینتر از رأس خط‌کش عمودی شروع می‌کنیم. روی پشت یا در حقیقت زیر سطح خط‌کش دومی[3] دو محل برای تعیین و نصب زایده‌ای برای در آوردن روزنهٔ دید و نگاه کردن به سطح آن وصل کرده یا می‌چسبانیم، روزنه‌ای که نزدیک دید و نگاه کردن ماست باید دارای سوراخی باریک و نازک و سوراخ دومی باید به اندازهٔ کافی گشاد باشد که بشود قرص کامل ماه را دقیقاً از میان آن مشاهده کرد. ماه را وقتی می‌توان رصد کرد که دقیقاً در خط نصف‌النهار آن محل باشد، سپس در همان موقع علامتی روی خط‌کش سوم[4] می‌گذاریم، آن هم وقتی که علایم و

۱. ر.ک. به ص ۱۰ این کتاب.

۲. این قسمت از کتاب مجسطی از یونانی به عربی با اشتباهاتی ترجمه شده است. خط‌کش عمودی نمی‌تواند به ۶۰ قسمت تقسیم شود، منظور باید قوسی از ربع دایره‌ای باشد که نوک خط‌کش عمودی روی آن می‌لغزد (س. غ).

۳. این قسمت هم باید خط‌کش عمودی اولی باشد نه خط‌کش دومی (س. غ).

۴. گویا منظور بطلمیوس خط‌کش قوسی مدرج ربع دایره بوده است (س. غ).

آثار خطوط تقسیم شده خط دومی را قطع کند. در این موقعیت است که خط‌کش سومی را روی خط‌کش اولی قرار داده و آن را که عمودی است به طرف بالا حرکت می‌دهیم و از روی علامتی که گذاشته‌ایم مقدار طول و ارقامی را که بین جای لولای پایینی است می‌خوانیم. این مقدار وتر قوس زاویه‌ای است که بین خط تقسیم‌بندی شدهٔ پهنای خط‌کشی که با خط متحرک مقایسه می‌شود (س ۱۰۶) قرار دارد. بقیهٔ مطالبی که در بطلمیوس گفته است قابل فهم است».

اگر اشاره‌ای به توضیحات و کلمات و جملات او بکنیم، معانی و مفاهیم یا مقاصد شرح کارهای او را همان طوری که خود می‌دانسته و می‌خواسته در نخواهیم یافت. این نوشتار می‌رساند که باید وسایل تجربی را حتماً به کار ببریم و آزمایش کنیم. آنچه معلوم است این است که بدون شک نارسایی دربارهٔ ساخت این ابزار موجود بوده که نیاز به توضیح داشته که بیان نشده است. حالت مبهم و مشکوکی که در این باره وجود دارد این است که اگر خط‌کش سوم را به پایهٔ خط‌کش اولی به طور قایم وصل کنیم، مسلماً صفحهٔ خط‌کشها قادر به حرکت نخواهد بود و صفحات محل اتصال آن دو به هم برخورد خواهند کرد. در این حالت است که این مثلث که رأس بالایی آن به محور بالا متصل است و قاعدهٔ آن از خط‌کش نازک سومی ساخته شده و در حول محور پایین دَوَران دارد، در امتداد خط نصف‌النهار نخواهد بود. چنین مشکلی عیناً وقتی پدیدار خواهد شد که خط‌کش سومی روی سطح خط‌کش عمودی قرار گیرد. در این وضع است که ضخامت خط‌کش عمودی با تمام ضخامتش بین سطح خط‌کش و وتر قوس و خط‌کش متحرک قرار می‌گیرد. مسلماً نمی‌توان از چنین ابزاری استفاده کرد که هر سه سطح آن روی هم منطبق شوند و مقادیر زوایای مورد نیاز در این مثلث را نشان دهند و روی سطح نصف‌النهار هم منطبق باشند، به خصوص وقتی که خط نصف‌النهار با سمت‌الرأسی که در اوج و در بالا باشد و به هم مرتبط شوند به نظر خیلی مشکل می‌آید که رابطه‌ای بین وتر قوس و خط‌کش نازک به وجود آورد.

با توجه به عدم قطعیت که در نصب این دستگاه و اتصال آنها وجود دارد باید به این مسئله توجه کرد که هنگام حرکت خط‌کش متحرک با سنگینی وزنی که دارد میلهٔ محوری را پایین خواهد کشید (اف، ۷۸ ـ وی) در نتیجه خطوط تقسیمات و علایم، مقادیر نادرستی را نشان خواهد داد و در جای صحیح خود استقرار نخواهد یافت. با توجه به محدود بودن عمل این دستگاه و نارسایی آن فقط می‌توان عرض جغرافیایی را در سطح و امتداد یک خط

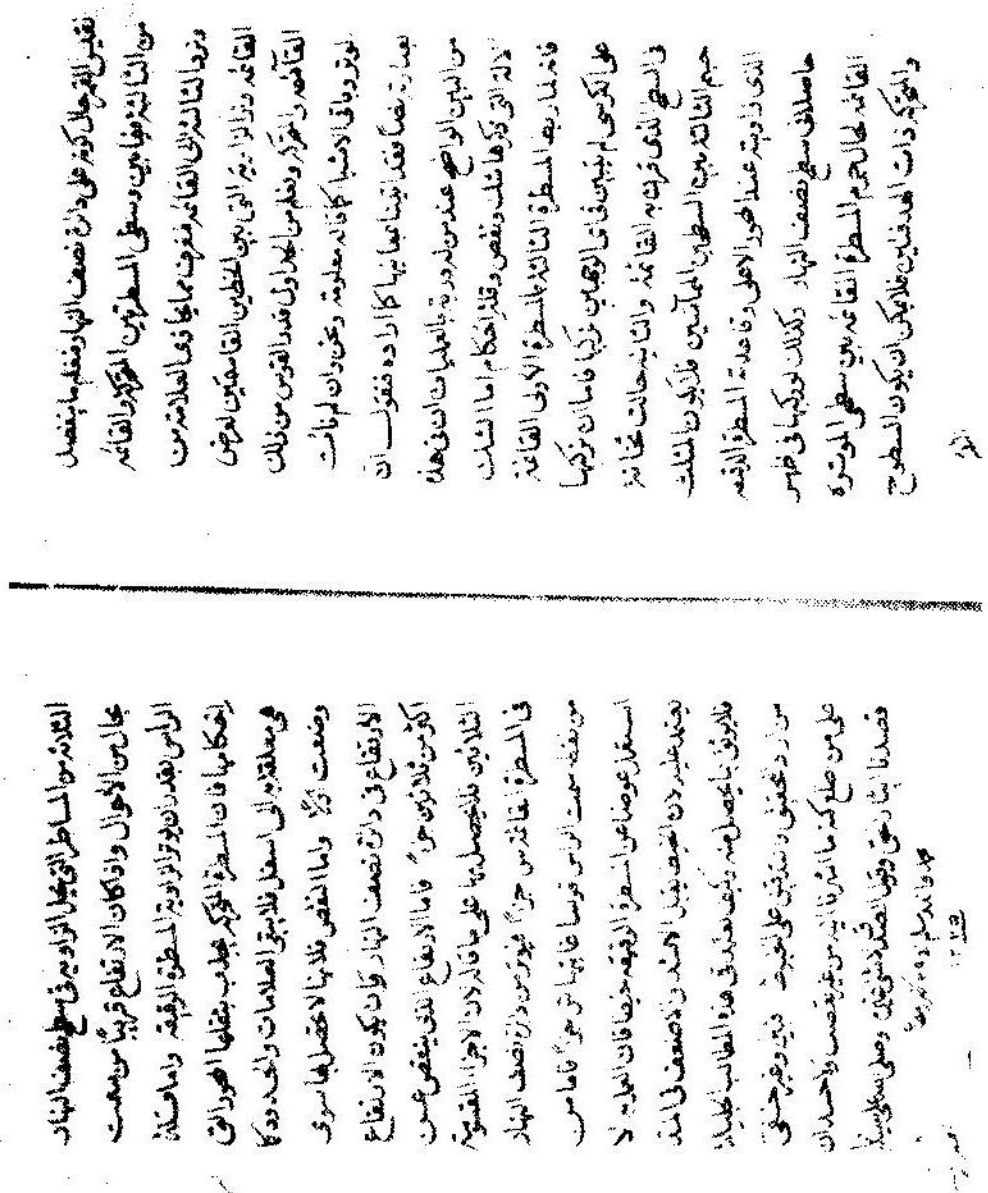
نصف‌النهار به دست آورد (اس ـ ۱۰۷) آن هم به شرطی که از مقدار سی درجه بازتر باشد. عرضهای جغرافیایی که از سی درجه کمتر هستند امکان محاسبه ندارند، همان طوری که خود بطلمیوس هم به آن اشاره کرده است.

مقیاسی که روی خط کش عمودی است به ۶۰ قسمت تقسیم شده در نتیجه بزرگترین و بازترین فاصله‌ای که بتوان آن را اندازه گرفت برابر با مقدار قوسی است که وتر آن به شصت قسمت شده باشد، حال اگر به جای خط کش نازک ریسمان به کار ببریم نباید به آن زیاد اعتماد کرد، زیرا ریسمان در اثر فشار سنگینی شاقول تغییر خواهد کرد، در نتیجه به محاسبات انجام شده نمی‌شود اطمینان کرد.

کسانی که شرح و ایرادهای ما را می‌خوانند و از نقاط ضعف دستگاه دو خط کش بطلمیوس آگاه می‌شوند خوب است به یکایک نکاتی که توضیح داده‌ایم فکر کرده منصفانه قضاوت کنند، نه آنکه بی‌جهت از روی تعصب این انتقادها را از روی حسادت و اغراض بدانند. چون ما فقط و فقط حقیقت واقعیت را برای اجرا و ارائهٔ یک کار درست در نظر گرفته‌ایم، نه چیز دیگر را. نتایجی که از کار بطلمیوس گرفتیم در اثر مطالعهٔ مقالات و رسالات متعددی است که تا تاریخ روز پنجشنبه بیست و دوم جمادی‌الثانی سال هشتصد وشصت و هفت هجری (مطابق با بیست و دوم فوریه ۱۴۶۳ میلادی) صورت گرفته است.

(چون شرح دستگاه دو خط کش یا مسطرتین بین دانشمندان نجومی به طرق گوناگونی آورده شده، بنابراین آنچه که غیاث‌الدین جمشید کاشانی در کتاب خود به نام «شرح آلات رصد» آورده و در حدود سال ۸۱۸ هـ ق. برابر با ۱۴۱۶ میلادی آن را تحریر کرده است و یک نسخهٔ خطی این رساله به شمارهٔ ۲۶۴۷ در فهرست کتابخانهٔ لیدن در جلد ۵ صفحهٔ ۲۴۵ موجود است، برای استفادهٔ علاقه‌مندان در اینجا می‌آوریم. پس از نوشتهٔ غیاث‌الدین جمشید کاشانی شکلی را چاپ می‌کنیم که آن را در میان اسناد موزهٔ علوم لندن به شمارهٔ ۴۵۱۶ یافتم، همان طوری که ملاحظه می‌کنید شرح و توضیح و کاربرد بسیار دقیق و کاملی است که دربارهٔ دستگاه ذات‌الشعبتین آورده شده است. جای خوشوقتی است که عکس چنین نسخهٔ منحصر به فردی به دستم رسید)[1].

۱. کلیه مطالبی که در پرانتز گذاشته شده از مترجم است که برای تکمیل مطالب کتاب و رفع اشکال خواننده آنها را به کار ذات‌الشعبتین آورده شده است (مترجم).



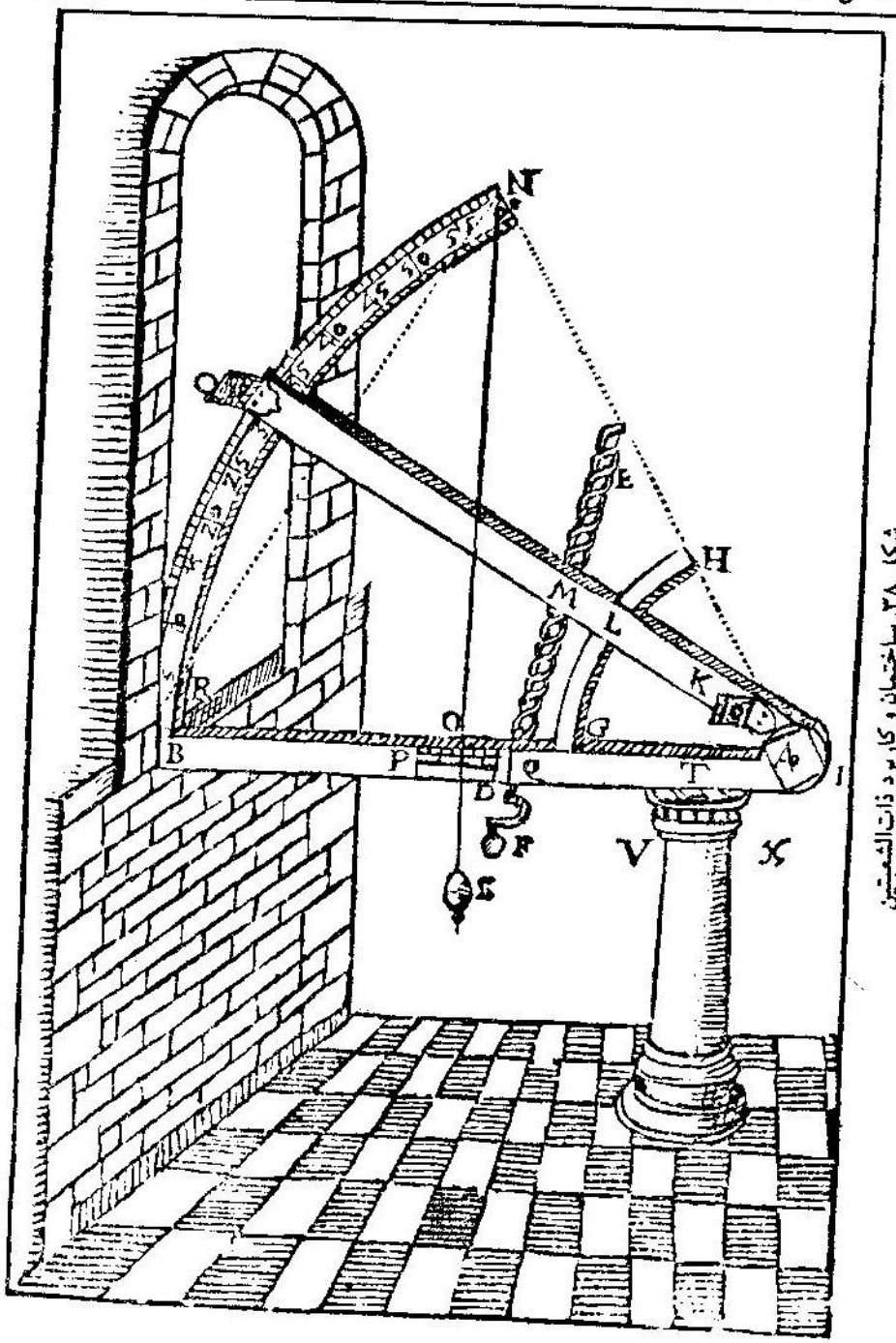
شکل ۳۷. صفحهٔ آخر کتاب نسخه‌برداری شده در سال ۱۲۷۵ هـ. ق.

بسم‌الله‌الرحمن‌الرحیم ـ الحمدلله ربّ‌العالمین و الصلوة والسلام علی خیر خلقه محمّد و آله‌الطیّبین‌الطاهرین.

این رساله‌ای است در شرح آلات رصد که برحسب فرمان پادشاه اسلام فرمانروای هفت اقلیم ظل‌اله فی الارضین قهرمان الماء والطین سلطان السلاطین فی‌العالم ملجاء و ملاذنبی آدم‌القایم باموراالمسلمین و ولی امیرالمؤمنین الواثق بالله الاکبرالسلطان اسکندر خلّدالله تعالی ملکه و خلافته و سلطانه و ابد علی‌العالمین بن و احسانه در سلک تحریر آمد ذات‌الشعبتین سه مسطره باشند یکی قایم بر سطح افق و دوم بر سر مسطره قایم بمسماری[1] ترکیب کرده باشند بر مثال پرگار وسیوم را نزدیک قاعده مسطره قایمه بمسماری ترکیب کرده باشند و باید که طول مسطره ثانی دوگز و نیم کمتر نباشد و مابین دو قطب که محّل مسمار است از مسطره قائمه به قدر مابین محل مسمار باشد از مسطره ثانی تا سر مسطره و طول مسطره ثالث به قدر وتر ربع دایره باشد که نصف قطر آن به قدر مابین‌المسمارین بود و دو لبنه بر مسطره ثانی نصب کرده باشند و مسطره ثالث منقسم کنند به هشتاد و پنج جزء به اجزائی که مابین قطب و راس مسطره ثانی شصت جزء باشد و هر درجه را به شصت دقیقه گردانید و ابتدای اعداد از نزدیک قاعده باشد و بعضی به جای مسطره ثالث ربع خلقه نصب کنند».

در پایان این رساله چنین می‌نویسد: «حرّره اقل عبادالله جمشیدبن مسعودبن محمود الطبیب الکاشی الملقب بغیاث احسن‌الله احواله، فی ذی‌القعده سنه ثمانه عشره و ثمانمأته ـ هجریه نبویه:

۱. میخ



شکل ۳۸. ساختمان و کاربرد ذات‌الشعبتین

فصل سوّم

بخش یک ـ اطلاعاتی در مورد کارهای غیاث‌الدین جمشید کاشانی

در دیماه ۷۹۵ هـ. ش در شهر کاشان، چهار سال قبل از شروع ساختمان رصدخانهٔ سمرقند، غیاث‌الدین جمشید کاشانی مقالهٔ کوتاهی به فارسی دربارهٔ اسباب و ابزارهای نجومی رصدخانه نوشته است که کندی در مجلهٔ مطالعات شرق نزدیک ۲۰ (۱۹۶۱) ۱۰۸ ـ ۹۸[1] چاپ کرده است و به تشریح اسبابهای هشتگانهٔ زیر پرداخته است:

۱. دستگاه سه پایهٔ مثلثی یا ذات‌الشعبتین[2]

۲. ذات‌الحلق[3] با هفت حلقه که در مراغه چهار ذراع هاشمی قطر داشته در حالی که در ابزارهای قدیمی باستان بیشتر از یک ذراع نبوده است.

۳. حلقهٔ اعتدالین[4] (آنکه در شیراز ساخته شده ده ذراع بوده)

۴. حلقهٔ مضاعف یا حلقتان[5]

۵. سُدس فخری[6]، یک قوس سنگی در امتداد نصف‌النهار هر شهر به شعاع هشتاد زراع

۶. ذات‌السمت و الارتفاع[7] اسبابی برای تعیین عرض جغرافیایی و ازیموت با قطری حدود

1. Kennedy, E, S ,,Alkashi's Treatise on Astronomical Observational instruments, Journal of Neareastern Studies, Vol. 20 1961, PP - 98, 108.
2. Triquetom
3. Armillary Sphere With 7 Rings.
4. Equinoctial Ring
5. Double ring
6. Fakhri Sextant
7. Instrument For Altitude and Azimuth.

فصل سوّم

بخش یک ـ اطلاعاتی در مورد کارهای غیاث‌الدین جمشید کاشانی

در دیماه ۷۹۵ هـ. ش در شهر کاشان، چهار سال قبل از شروع ساختمان رصدخانهٔ سمرقند، غیاث‌الدین جمشید کاشانی مقالهٔ کوتاهی به فارسی دربارهٔ اسباب و ابزارهای نجومی رصدخانه نوشته است که کندی در مجلهٔ مطالعات شرق نزدیک ۲۰ (۱۹۶۱) ۱۰۸ ـ ۹۸[1] چاپ کرده است و به تشریح اسبابهای هشتگانهٔ زیر پرداخته است:

۱. دستگاه سه پایهٔ مثلثی یا ذات‌الشعبتین[2]

۲. ذات‌الحلق[3] با هفت حلقه که در مراغه چهار ذراع هاشمی قطر داشته در حالی که در ابزارهای قدیمی باستان بیشتر از یک ذراع نبوده است.

۳. حلقهٔ اعتدالین[4] (آنکه در شیراز ساخته شده ده ذراع بوده)

۴. حلقهٔ مضاعف یا حلقتان[5]

۵. سُدس فخری[6]، یک قوس سنگی در امتداد نصف‌النهار هر شهر به شعاع هشتاد زراع

۶. ذات‌السمت و الارتفاع[7] اسبابی برای تعیین عرض جغرافیایی و ازیموت با قطری حدود

1. Kennedy, E, S ,,Alkashi's Treatise on Astronomical Observational instruments, Journal of Neareastern Studies, Vol. 20 1961, PP - 98, 108.
2. Triquetom
3. Armillary Sphere With 7 Rings.
4. Equinoctial Ring
5. Double ring
6. Fakhri Sextant
7. Instrument For Altitude and Azimuth.

پنج زراع به بالا

۷. ذات‌الجیب و السهم[1] اسبابی برای سینوس «جیب» و معکوس سینوس کسکانت $\frac{1}{\text{sine}}$

۸. ذات‌الحلق صغیر[2] با ۴ حلقه

۹. طَبَق‌المناطق[3]

در اینجا قسمتی از نوشتهٔ غیاث‌الدین کاشانی را که در این مورد برای سلطان اسکندر نوشته است نقل می‌کنیم.

سدس فخری یک ششم از دایره‌ای است که به ثانیه و دقیقه‌ها درجه‌بندی شده در صفحه‌ای از خط نصف‌النهاری قرار گرفته است آن هم به طریقی که باید دیواری از سنگ و گچ ساخته و از ساروج اندود گردد، به طوری که طول قاعدهٔ آن هشتاد زراع باشد، عرض آن چهار زراع، و بلندی آن در شمال چهل زراع و در جنوب یک ذراع. باید به ترتیبی ساخته شود که از ضلع جنوبی از پایهٔ دیوار تا ضلع شمالی تا بالای دیوار قوسی برابر با یک ششم دایره و مقعر ساخته شود، سپس از مرکز آن در بالا یک شاقول به پایین تا سطح افق آویخته می‌شود که بر ضلع سدس می‌گذرد.

سطوح گودی و سطح برجستگیها با سنگ پوشیده می‌شود. در وسط آن از درازا گودی و شیاری ساخته می‌شود که عرض پهنای آن چهار انگشت (۱۰ سانت) و عمق آن یک انگشت (۲/۵) سانت است و روی آنها صفحه‌های مسی و برنجی قرار داده می‌شود، به طوری که همهٔ سطوح قابل مشاهده است و به طور دقیق صاف و صیقل و مدور باشد. سپس آن را به دقیقه‌ها و ثانیه‌ها درجه گذاری می‌کنند. می‌توان این دستگاه را چنان ساخت که عرض جغرافیایی خورشید و ارتفاع آن بر خط نصف‌النهار محل با دقت فوق‌العاده قابل تعیین باشد[4].

1. Instrument For Sine and Versed Sine 2. Small Armillary Sphere With 4 Rings

۳. این قسمت اضافه شده ، چون دستگاه طبق‌المناطق حایز اهمیت بسیار است آنچه که کندی از کتاب کاشانی ترجمه کرده است در این فصل آورده شده است (س. غ.).

۴. مطلب فوق ترجمهٔ فارسی از انگلیسی است. متن انگلیسی مذکور از فرانسه و متن فرانسه از فارسی کتاب آلات رصد جمشید غیاث‌الدین کاشانی گرفته شده است. برای آنکه نشان داده شود که چه تغییر و تبدیل و تحریفاتی در ترجمه‌های گوناگون رخ می‌دهد، اصل نوشتهٔ جمشید غیاث‌الدین که به خط وی است به شرح زیر آورده می‌شود.

سُدسی فخری، سدس دایره باشد در سطح دایرهٔ نصف‌النهار نصب شده و آن را به یک‌یک ثانیه قسمت کرده باشند و آن چنان است که دیواری برآرند از سنگ و گچ که طول قاعدهٔ آن هشناد گز باشد و سطبری آن چهار گز و طول آن در طرف شمال چهل گز باشد و در طرف جنوب یک گز و چنان کنند که از جانب جنوب از قاعدهٔ دیوار تا جانب شمال از سر دیوار سدسی باشد. از مقعر حلقه چنانکه اگر عمودی از مرکز آن بر سطح افق قایم کرده آید بر یک طرف سدس گذرد و روی آن مقعر را از سنگ می‌تراشند و بر میانهٔ آن به دواز حفری کنده باشند که عرض آن چهار اصبع بود و عمق آن یک اصبع و اندرون آن تخته‌های مس یا برنج بیفکنند، چنانکه سطح ظاهر آن در غایه استدارت باشد و آن را به درجات دقایق و ثوانی کنند و این گاهی توان دانست که خط نصف‌النهار در غایهٔ توفیق برون آورده باشند.

شرحی از کارهای غیاث‌الدین جمشید کاشانی

در حال حاضر مهمترین سند مربوط به پیدایش و فعالیتهای رصدخانهٔ سمرقند نامه‌ای است که غیاث‌الدین در آغاز احداث ساختمانهای رصدخانهٔ مذکور به پدرش نوشته[1] است. تمام متن نامه را، ئی. اس. کندی (اوریانتالیا[2] ۲۹ (۱۹۶۰) ۲۱۳ - ۱۹۱) ترجمه کرده و آ. سائیلی (مرکز انتشارات انجمن تاریخی ترکیه در سری هفتم، شمارهٔ ۳۹، در ۱۱۰ صفحه آنکارا ۱۹۶۰۰) آن را به ترکی ترجمه کرده است. بر هر دو رساله تفسیر جزء به جزء مفصلی نوشته شده که در اینجا قسمتهایی از آن را که مربوط به ساختمان رصدخانه است می‌آوریم.

(صفحه آ ۵۱۲، قسمت دوم)

اکنون به مسئلهٔ اصلی رصدخانه می‌پردازیم. اعلیحضرت الغ بیک که خداوند کشور و پادشاهی را پابرجا نگه دارد، در ایام طفولیت ساختمانهای رصدخانهٔ مراغه را دیده بودند، ولی فرموده‌اند که آنها را با دقت و توجه خاص نگاه نکرده‌اند. قبل از آنکه من هم در آنجا باشم اطرافیان به اعلیحضرت گفته بودند که رصدخانه در زیر مکانی است که مردم در اطرافش خانه و منزل ساخته‌اند و حتی بعضی از منازل روی قسمتی از رصدخانه ساخته شده است. دو حلقهٔ برنجی هر یک به قطر شش گز برای اندازه گیری انحراف و مشاهدات نجومی آن هم طبق دستورالعملهای بطلمیوس ساخته شده بودند. انجام این کار بدون آگاهی و اطلاع از این اصل که دقیقاً کاربرد آنها چه باید باشد صورت گرفته و از آنجایی که آن وسایل ساخته شده دقیق پیاده نشده و خالی از عیب و نقص نبوده‌اند، ناچار اخترشناسان بعد از دورهٔ بطلمیوس اصلاحاتی در آن انجام داده‌اند، سپس حلقهٔ ساخته شدهٔ قبلی را کنار گذاشته‌اند و هیچ کس از اطرافیان شاه نمی‌دانستند که یک سکوی قوسی که دارای شکل هندسی بوده در وسط ساختمان رصدخانهٔ مراغه وجود داشته است و حتی نمی‌دانستند که منظور و هدف آن چه بوده است؟ این بنده موضوع را به نظر شاه رسانیدم و اختلافات و تباینی که ممکن است در اثر استفادهٔ نادرست از آن حلقه به وقوع بپیوندند توضیح دادم. همچنین اشاره کردم به اینکه در عهد عضدالدوله دیلمی حلقه‌ای به قطر ده گز ساخته شده بوده در حالی که این یکی کوچکتر از آن حلقهٔ مذکور بوده است. اضافه می‌شود که در مراغه ربع جداری همانندی به جای آن به

۱. این نامه تاریخ ندارد گویا در هفتم ذی‌القعدةالحرام سال ۸۲۷ هـ.ق. نوشته شده و بنا به دلایلی شاید در هفتم ذیقعده ۸۲۴ بوده است. ر.ک. کاشانی نامهٔ ابوالقاسم قربانی از انتشارات دانشگاه ص ۴.

2. Oriantalia

نام سدس فخری ساخته بودند که شعاعی به اندازهٔ ۶ گز داشته است.

الغ بیک بعد از شنیدن حرفهای من دستور فرمودند حلقه‌های بی‌مصرف را بشکنند و ابزار و اسبابهای دیگری که این بندهٔ فرمانبردار طرح کرده به کار برده شوند. دستور دادند که ساختمان رصدخانه از روی طرح و نقشجاتی که این بنده داده‌ام بنا گردد.

(صفحهٔ آ ۵۱۶، قسمت دوّم)

در حال حاضر تعدادی از ساختمانها احداث شده‌اند که نزدیک به پانصد تومان مصالح ساختمانی از قبیل آجر و آهک در آنها مورد استفاده قرار گرفته است.

یک ذات‌الحَلَق بزرگ سماوی کامل شده است و دیگری در دست ساختمان است. هنوز اسبابهای دیگری همانند ربعهای منطقةالبروج و سمت‌الرأس و وسیلهٔ دیده‌بانی متحرک و غیره در دست ساختن است که روی آنها کار می‌کنیم.

(قسمت دوّم صفحه آ ۵۱۷)

خوشبختانه پیشرفت کارهای مربوط به رصدخانه طبق آنچه این بنده به اعلیحضرت معروض داشته‌ام صورت گرفته است. فعالیتی است به طور مرتب ادامه دارد و برای مثال در مورد ساختمان رصدخانه و نوع ابزارها و اسبابها به همین منوال عمل می‌شود.

اعلیحضرت روی پیشنهاداتی که می‌شود سریع تصمیم می‌گیرند. هر آنچه که ایشان پسندیدند دستور اجرای آن را صادر می‌کنند. چنانچه در مواردی ایشان را با عقیده‌های جدید و نتایج کاملاً منطقی آشنا می‌کنیم و توضیح می‌دهیم بلافاصله دستور اصلاح و قبول آن را صادر می‌کنند.

(صفحه. آ ۵۱۷)

هنوز زمان و موقع مشکل کار ما نرسیده است، زیرا در حال حاضر بنای رصدخانه در دست ساختمان است و وقتی که ساختمان تکمیل شد و دیگر ابزارآلات کاملاً ساخته شد و در محلهایشان قرار گرفت، رصد و دیده‌بانی با تماشای اجرام سماوی از یک سوراخ صورت خواهد گرفت و جدولهای اطلاعاتی ستارگان ثبت خواهد شد تا زیج را تکمیل کنیم.

دستگاه اندازه‌گیری عرض ستارگان از کتاب طبق‌المناطق که مسلمین به کار می‌بردند

یکی از مطالعات بسیار جالب غیاث‌الدین جمشید کاشانی ساختن دستگاهی برای

اندازه‌گیری عرض ستارگان است که پروفسور بروین در چند جا از کتاب خود از آن اسم برده است. از این لحاظ بهترین و جامعترین ترجمهٔ کندی که خود استاد ریاضی بوده و روی دستگاه ساخته شدهٔ غیاث‌الدین جمشید کاشانی کار کرده است در اینجا آورده می‌شود. این کتاب را استاد دانشمند آقای رضا عباسی به فارسی برگردانده است که در مجلهٔ سخن شمارهٔ ۹ و ۱۰ سال ۱۳۴۴ چاپ شده است.

دستگاهی که مسلمین برای اندازه‌گیری عرض ستارگان مورد استفاده قرار می‌داده‌اند

از کتاب طبق‌المناطق غیاث‌الدین جمشید کاشانی

ای ـ اس ـ کندی[1]

۱. مقدمه

اندازه‌گیری عرض ستارگان و محاسبهٔ بُعد و انحراف آنها از مدار سالیانهٔ خورشید در آسمان یکی از مسائل شایان توجه دانش ستاره‌شناسی و نجوم در اعصار گذشته و قرون وسطی بوده است. ستاره‌شناسان اسلامی برای محاسبهٔ عرض ستارگان اقلاً دو نظریه را مبنای کار خود قرار داده‌اند. یکی از این دو تئوری که از لحاظ ریاضی ابتدایی‌تر از تئوری دیگر است در واقع مشابه نظریه‌ای است که هندیهای قدیم در کتاب سوریاسیدهانتا[2] بیان داشته‌اند. جدولهایی که بدین ترتیب محاسبه و تهیه شده در ترجمهٔ لاتینی زیج خوارزمی به جا مانده است. تئوری دوم عبارت است از نظریه‌ای است که بطلمیوس در کتاب‌المجسطی بیان کرده است.

در این مقاله روش عملی با اسباب مخصوص و مبتکرانه‌ای که براساس تئوری بطلمیوس و پارامترها برای محاسبهٔ عرض ستارگان به کار رفته مورد بررسی و توضیح قرار گرفته است. اسبابی که برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته «طبق‌المناطق» نام دارد. این دستگاه را جمشید غیاث‌الدین کاشانی منجم و ریاضیدان ایرانی (متوفی ۱۴۳۶ میلادی) اختراع کرده است.

موارد استفادهٔ این اسباب در سایر مسائل نجومی در مقاله‌های دیگر مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. مطالبی که در مقالهٔ حاضر به رشتهٔ تحریر در آمده بدون مراجعه به مقاله‌های مزبور قابل بررسی و درک است. فقط برای اینکه خواننده مفاد و محتوای این مقاله

1. E. S. KENEDY
2. SURIA SIDDHANTA

را خوب درک کند باید به نظریهٔ بطلمیوس دربارهٔ هیئت سماوی آشنا باشد.

در اینجا تشریح «طبق‌المناطق» به تفصیل ضروری تشخیص داده نشده فقط به توضیح زیر اکتفا شده است.

طبق‌المناطق از صفحهٔ مدوری تشکیل شده که یک آلیداد (زاویه‌یاب) شبیه به آلیداد یا العضاده اسطرلاب در مرکز آن تعبیه شده است. اطراف این صفحه با یک لبهٔ مدرج احاطه شده و علاوه بر آلیداد نامبرده سطاره خط کش منفصلی که طولش برابر با طول قطر صفحهٔ طبق‌المناطق است جزو دستگاه مذکور است.

آلیداد متصل و سطاره منفصل هر دو برحسب تقسیمات شصت قسمتی تقسیم‌بندی و مدرج شده‌اند، به طوری که هر یک از این تقسیمات برابر با یک شصتم شعاع صفحهٔ طبق‌المناطق است و هر یک از قسمتهای اخیر نیز خود به تقسیمات شصتی (ستینی) منقسم و مدرج شده است.

در قسمت دوّم این مقاله مسئلهٔ عرضهای ماه که نسبتاً ساده‌تر است مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

در قسمت سوّم به ذکر چند اصطلاح فنی مفید پرداخته خواهد شد. و در قسمتهای ۴ و ۵ و ۶ متولیاً سه جزء ترکیب کنندهٔ عرض سیارات داخلی (عطارد و زهره) بررسی می‌شود.

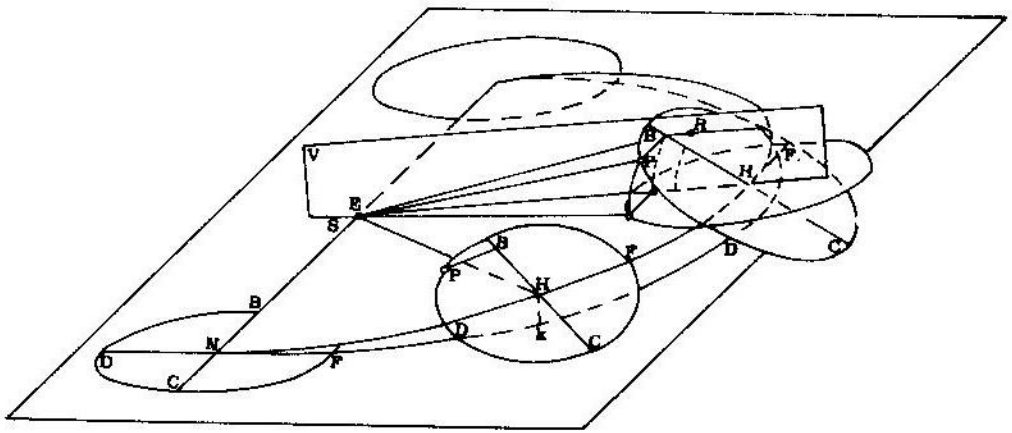
در روشی که در هر یک از حالات مزبور به کار خواهد رفت قبل از هر چیز سعی خواهد شد تئوری بطلمیوس به طور موجز و کامل توضیح داده شود، سپس نشان داده شود چگونه جمشید غیاث‌الدین‌کاشانی معادل آن را در اسباب خود ساخته است.

در بخش ۱۷ استخراج و اندازه گیری نقاطی که نقاط عرض نامیده می‌شوند تشریح می‌شود و بالاخره عرضهای سیارات خارجی (مریخ، مشتری، زحل) مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

برای تشریح و توضیح طبق‌المناطق مآخذ و مدارک زیر مورد استفاده قرار گرفته است.

اول ـ نسخهٔ خطی به زبان فارسی که نام مؤلف آن ذکر نشده و تحت شمارهٔ ۷۵ کتابخانهٔ دانشگاه پرنستون در غرفهٔ نسخ خطی فارسی، ترکی، و هندی ضبط شده است. نشریهٔ ۱۹۳۹ دانشگاه پرنستون.

دوّم ـ نسخهٔ عربی که خود کاشانی تهیه کرده است. این نسخه تحت شمارهٔ ۲۱ کاتالوگ در مجموعهٔ نسخ فارسی و عربی در دفتر کتابخانهٔ هند. مضبوط است، لندن ۱۹۰۲.

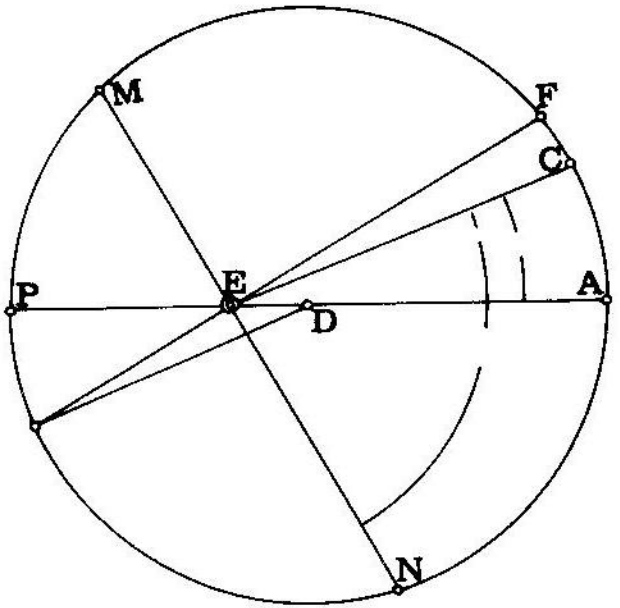


شکل ۳۹. قسمتی از طرح کاربرد طبق‌المناطق (تدویر سیاره)

ساختمان این دستگاه شباهت به تئوری بطلمیوس دارد، زیرا اگر β عرض ماه باشد بنابه $\beta = 5^{\circ} \sin \omega$

تئوری بطلمیوس

که به روش بطلمیوس معروف است. با این تفاوت که بطلمیوس حصهٔ عرض قمر را از نقاط با عرض ماکزیموم اندازه می‌گرفت، حال آنکه جمشید غیاث‌الدین کاشانی طبق روشی که علمای اسلام به کار می‌بردند حصه عرض قمر را از نقطهٔ رأس اندازه می‌گرفت. در اینجا خاطرنشان می‌شود که این طرز محاسبه اساساً همان دستگاه معروفی است که علمای اسلامی برای ضرب عددی مفروض در جیب و جیب تمام زاویه‌ای مفروض به کار می‌بردند.



شکل ۴۰ . مرکز عالم و فلک حامل

در شکل ۴۰ N , A , C به ترتیب عبارت از نقطهٔ تقاطع مدار سیاره با مدار زمین (هنگامی که سیاره به طرف شمال این مدار بالا می‌آید) و مرکز تدویر و اوج فلک حامل یک سیاره در لحظهٔ معین است؛ بنابراین زاویهٔ

$$\varpi = \text{NEC} = \text{NEA} + \text{AEC}$$

دربارهٔ کلیهٔ حالات و اوضاعی که نقاط A , C داشته باشند صدق می‌کند. زاویهٔ AEC را مرکز معدل می‌نامند و آن عبارت از طول متوسط تصحیح شدهٔ سیاره از نقطهٔ اوج سیاره تا مرکز تدویر است. این زاویه با λ_a نمایش داده شده است.

۲. عرض اول سیارات داخلی

در نمونهٔ هندسی که بطلمیوس به عنوان پایهٔ محاسبات خود به‌کار برده سطح فلک، حامل، نوسان زاویهٔ خفیفی از جهت شمال و جنوب سطح مدار خورشید حول محوری دارد که: اولاً در سطح مدار خورشید قرار دارد، ثانیاً از مرکز عالم گذشته بر خط‌الرأس فلک حامل عمود است.

زاویهٔ انحراف سطح فلک حامل که به I نمایش داده شده با فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$I = \text{Im} \sin \varpi$$

$$\text{Im} \begin{cases} ۰^\circ \; ; \; ۱۰' & \text{برای زهره} \\ -۰^\circ \; ; \; ۴۵' & \text{برای عطارد} \end{cases}$$

$$\beta_1 \# I \sin \varpi = (\text{Im} \sin \varpi) \sin \varpi = \text{Im} \sin^2 \varpi$$

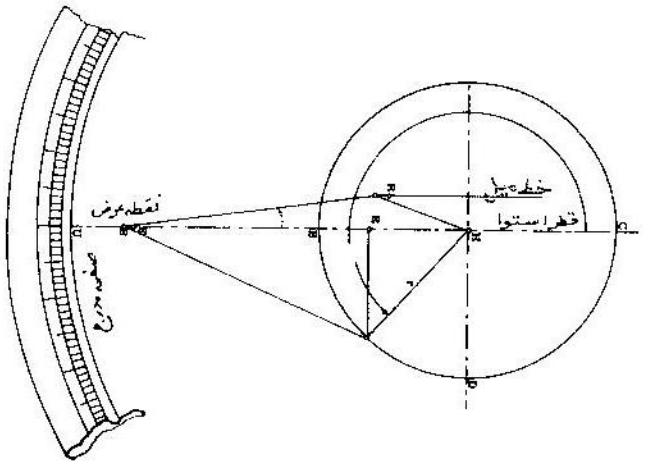
مطالب فوق خلاصه‌ای از نظریهٔ بطلمیوس است. اکنون باید نشان دهیم که طرح و ساختمان جمشید کاشانی نیز همین نتیجه را به دست می‌دهد.

باید توجه داشت که β_1 ده دقیقه برای زهره و چهل و پنج دقیقه برای عطارد زوایای نقاط اوج و حفیض‌اند، همچنین باید به خاطر داشت که زاویهٔ β_1 همیشه برای زهره شمالی و برای عطارد جنوبی است.

هنگامی که کاشانی دستگاه مورد بحث را ساخت، دو دایرهٔ دیگر نیز با همان مرکز دستگاه روی صفحهٔ آن و در طرفی که دایرهٔ عرض قمر دیده می‌شد ترسیم کرد. یکی از این دو دایره که به دایرهٔ عرض اوّل موسوم بود بر خط عرض ده دقیقه‌ای خطوط عرضی که در قسمت ۲ تشریح شد مماس بود. دایرهٔ دوّم متشابه دایرهٔ اوّل بر خط عرض چهل و پنج دقیقه‌ای مماس بود و دایرهٔ عرض اول عطارد نام داشت.

در نسخهٔ خطی فارسی طرز استفادهٔ دستگاه به صورت ساده‌ای بیان شده است.

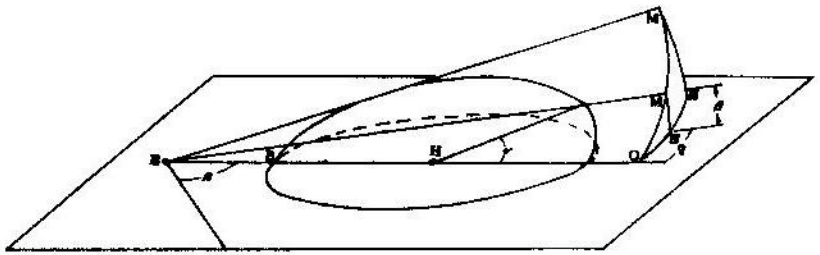
کاشانی هم مانند بطلمیوس دربارهٔ اعداد منفی اطلاعاتی نداشته است. بدین جهت هر دو مجبور بوده‌اند شرایط شمالی و جنوبی $\bar{\lambda}_a$ و ∞ را که در β_2 حاصل می‌شود ترکیب کنند.



شکل ۴۱. نقطهٔ عرض و خط استوا و خط میل

عرض سوم

بطلمیوس در تخمین و تقریب جزء نهایی عرض از تأثیرات خفیف و آنی دو جزء فوق‌الذکر روی جزء سوم صرف نظر کرده است. با این وجود، در شکل (۳۹) نیمه فوقانی تدویر (BPC) نشان داده شده است که حول قطر اول خود (BC) چرخیده است. سطح EON′ ممکن است یا سطح فلک حامل یا سطح مدار خورشید محسوب شود. E مرکز عالم است و مثلث قائم‌الزاویهٔ OM′N′ جزئی از کرهٔ سماوی است و N′ تصویر M′ است روی قوس ON′ واقع بر مدار خورشید. ON۱۰ تقریباً برابر است با q یعنی تصویرش OM روی خورشید معادلهٔ ثانی سیاره است. بدیهی است q تابعی است از ∝ انحرافی که در قسمت سوم بدان اشاره شد با زاویهٔ کروی M′ON′ اندازه گرفته می‌شود. این زاویه با تغییر مکان H حول سطح فلک حامل دارای تغییرات سینوسی است. مقدار آن موقعی که H در نقاط اوج و حضیض است صفر بوده هنگامی که H روی خط واصل اوج و حضیض باشد ماکزیموم یا مینیموم است.



شکل ۴۲. تعیین عرض سوم

روش کاشانی صرفنظر از اختلاف در پارامترها، اختلاف در نمونهٔ ترسیمی روش فوق است. او چنین می‌گوید: ... معادلهٔ ثانی (q) سیاره را معین کنید و ثلث از سدس (۱/۱۸) آن را برای زهره به دست آورید. برای عطارد معادلهٔ ثانی را اگر در طرف اوج به دست آمده باشد در هفت دقیقه ضرب کنید، (یعنی در ۷ و ۰ موقعی که $۱۸۰° \leq \omega \leq ۰°$)، در غیر این صورت در هشت دقیقه ضرب کنید. نتیجهٔ حاصله همان انحراف است. باید متذکر شد مقادیری که کاشانی برای K به دست آورده از حیث دقت متشابه مقادیر بطلمیوس است، فقط در دو حالت به قدری که درجه اختلاف دارند.

اکنون که انحراف نهایی را به دست آوردیم، باید تغییرات سینوسی این انحراف را نیز که در اثر دوری از نقاط اوج و حضیض حاصل می‌شود معلوم کنیم. برای این منظور کاشانی چنین عمل می‌کند: ... آلیداد را عمود بر قطر استوا قرار دهید. متوجه باشید که خط مطلوب یعنی خطی که برابر انحراف است روی کدام یک از خطوط تقسیم تقسیمات آلیداد قرار گرفته است ـ در آن نقطه علامتی بگذارید ... سپس نوک آلیداد را در مرکز عرض (ϖ) بگذارید و مشاهده کنید علامت عرض روی کدام خط از خطوط عرض واقع شده است، همانجا عرض سوم خواهد بود.

در اینجا نیز مانند عرض دوم، کاشانی قاعده‌ای متشابه قاعدهٔ بطلمیوس می‌دهد که طبق آن

می‌توان فهمید $\beta_{\text{۳}}$ شمالی یا جنوبی است، برحسب اینکه $\propto$ و ω در کدام ربع قرار داشته باشند. سپس کاشانی در پایان فصل این دستور خداترسانه را می‌دهد: اکنون که سه عرض پیدا شدند اگر همهٔ آنها در یک جهت باشند آنها را با هم جمع کنید، در غیر این صورت عرضهای با جهت مشترک را با هم جمع کنید و تفاوت این مجموع را با عرض دیگر که دارای جهت مخالف است بدست آورید، این مجموع یا تفاضل جهت عرض حقیقی را نشان می‌دهد.

والله‌اعلم‌بالصواب

نقاط عرض

مؤلف معتقد است که هشت علامت باید روی قطر استوا گذاشته شود. سه علامت برای هر یک از سیارات خارجی (مریخ، مشتری، زحل) و یک علامت برای زهره و یک علامت برای عطارد (مذکور در قسمت ۵). همهٔ این علامتها روی نیمهٔ قطر متقابل اولین نقطهٔ حمل یا اعتدال ربیعی هم هستند. فاصله‌های این نقاط از مرکز صفحه در جدول زیر داده شده است. موارد استعمال آنها بعداً گفته خواهد شد. در این فصل نشان خواهیم داد این فاصله‌ها چگونه به دست آمده‌اند. سطح فلک حامل کلیهٔ سیارات نسبت به مدار خورشید اندکی متمایل است و این مدار را در طول خط رأس و ذنب که خود، ماثر بر مرکز عالم است قطع می‌کنند. خط واصل رأس و ذنب هر سیارهٔ داخلی عمود است بر خط واصل اوج و حضیض فلک حامل همان سیاره. زوایای بین این دو خط برای بقیهٔ سیارات متفاوت است.

مقادیری که کاشانی حساب کرده در ستون ۲ جدول ذکر شده است. این مقادیر با مقادیری که بطلمیوس حساب کرده برابر است جز اینکه بطلمیوس برای مریخ ۹۰° محاسبه کرده است.

سیاره	۱) فاصله از صفحهٔ مرکزی تا نقاط عرض	۲) زاویهٔ نقطهٔ رأس به اوج	۳) Im ماکزیمم زاویهٔ بین فلک حامل و سطح مدار خورشید	۴) Jm زاویهٔ ماکزیمم بین نظر از و خط مرکز عالم با مرکز تدویر	
	N	S			
زحل	۵۳/۵۵°	۵۰/۱°	۱۴۰°	۲/۳۰°	۴/۳۰°
مشتری	۵۷/۴۶	۵۳/۹°	۷۰°	۱/۳۰°	۲/۳۰°
مریخ	۵۰/۶	۴۰/۵۴	۹۵°	۱/۰°	۲/۱۵°
زهره		۵۸/۵۸	۹۰°	۰/۱۰°	-۲/۳۰°
عطارد		۴۶	۹۰°	-۰/۴۵°	۶/۱۵°

اگر مقدار مذکور در المجسطی را در نسبت دو عدد فوق ضرب کنیم بدین ترتیب مقادیر المجسطی را تصحیح کرده داریم:

$$EF = ۱°/۲' \text{ ، } ۱۰'' \left(\frac{۵۲'; ۲''}{۱°/۰' \text{ و } ۰''}\right) = ۵۳' ; ۵''۵$$

$$GE = ۵۷' \ ; ۴۰'' \left(\frac{۵۲'; ۲''}{۱°/۰' \text{ و } ۰''}\right) = ۵۰' ; ۱''$$

که اگر دو رقم آخر شصت قسمتی را گرد همان مقادیر کاشانی به دست می‌آید. در مورد مشتری مقادیر بطلمیوس عبارتند از "۳۰ '۲/۱° و "۳۰ ; '۵۷. اگر مانند قبل مقادیر فوق را تصحیح کنیم داریم:

$$EF = ۱° و ۲' ; ۳۰'' \left(\frac{۵۵'; ۲۸''}{۱°/۰' \text{ و } ۰''}\right) = ۵۷' ; ۴۶''$$

و $GE = ۵۷' \; ; ۳۰'' \left(\frac{۵۰' ; ۲۸''}{۱۰/۰' \text{ و } ۰''} \right) = ۵۳' ; ۹''$

که باز شبیه مقادیر کاشانی است.

به کار بردن «طبق‌المناطق» در حل مسائل مربوط به عرضها مؤید این مطلب است که مخترع این دستگاه از تئوری بطلمیوس خبر داشته و همچنین دربارهٔ سیارات اطلاع کامل داشته است، بعلاوه با نبوغ و استعداد خلاق خود توانسته است یک مسئلهٔ اساساً سه بعدی را به یک سلسله عملیات دو بعدی تبدیل کند.

جدول مقایسهٔ ابزارآلات رصدخانه‌های قدیم

آلات رصدخانه و نام انگلیسی آنها

۱. ذات‌الشعبتین ـ سه خط کش — Triquestum

۲. ذات‌الحَلَق ـ هفت حلقه که در مراغه ۷ گز هاشمی بوده

Armillary Sphere With Ring

۳. حلقهٔ اعتدال که ۱۰ گز بوده — Equinoctial Ring

۴. حلقتان ـ دو حلقه به شکل حلقه اول و ذات‌الحلق — Double Ring

۵. سُدس فخری ـ ربع جداری — Al Fakhri Sextant

۶. ذات‌السمت والارتفاع ـ به ارتفاع یک گز و نیم و قطر آن ۵ گز

Inst of Alt. & Azm.

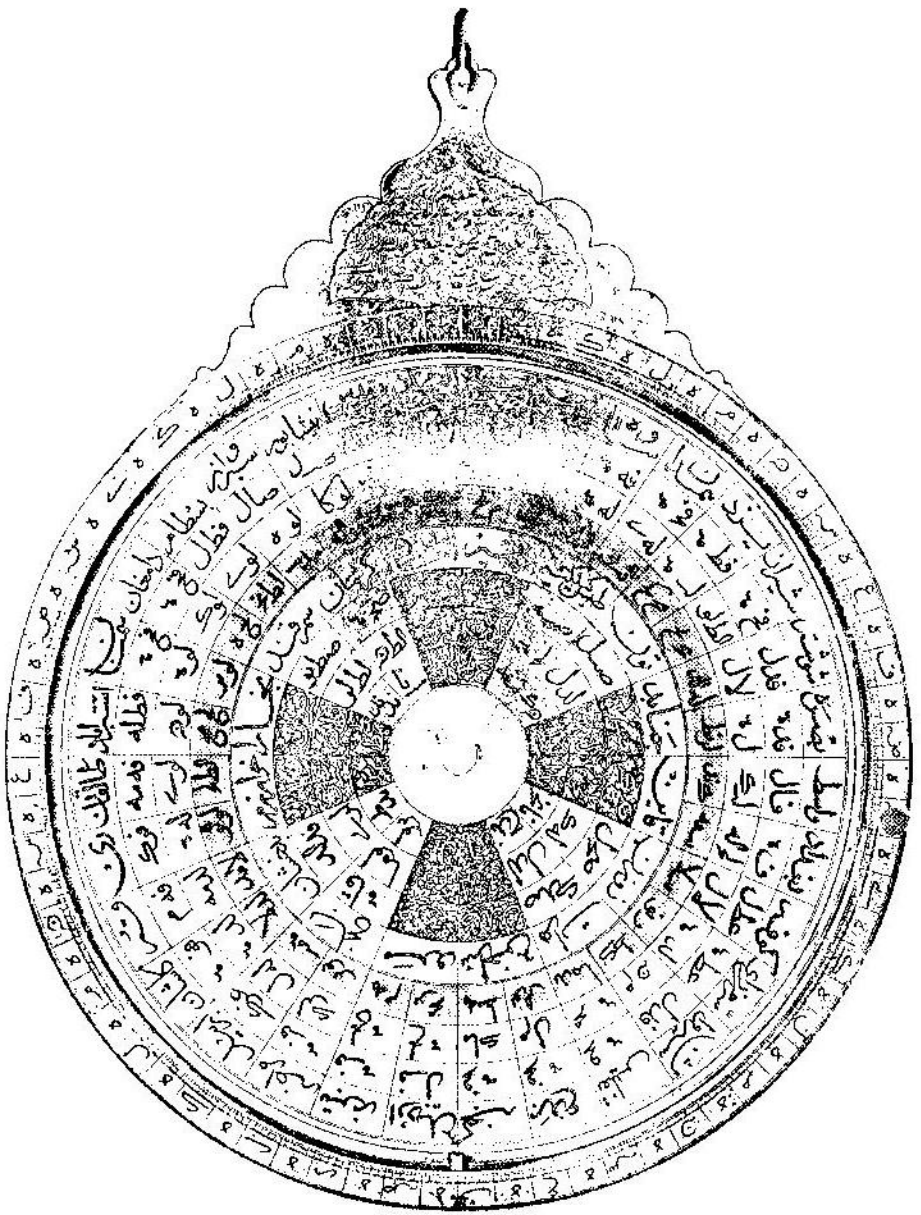
۷. ذات‌الجیب والسهم ـ اساس مدور از تخته و چوب

Inst of Sine & Ver Sine

۸. ذات‌الحَلَق صغیر ـ ۴ حلقه است ـ یکی برای نصف‌النهار یکی برای مائر به اقطاب اربعه ـ یکی برای فلک‌البروج و یکی برای دایره فرضیه — Small Armillary Sphr.

جدول مقایسه ابزار آلات رصدخانه‌های قدیم

	شرح دستگاهها و ابزارآلات به ترتیب شرح کتاب	رصدخانه				
		مراغه	سمرقند	اسکندریه	کتاب غیاث‌الدین	جی‌سینگ
1	Level	×	×		-	-
2	Gnomen	×	×	×	-	-
3	Celestial Sphere	×	×	×	-	-
4	Mural Quadrant	×	-	×	-	-
5	Maridional Ring	×	×	×	-	-
6	Equinoctial Ring	×	×	×	×	-
7	Armillary Sphere	×	×	×	×	-
8	Diopter of hipparchos	×	×	×		×
9	Rulers of Ptolomy	×	×	×	×	×
10	Al fakhri Sextant	-	×	-	×	×
11	Alt. Azimoth instrm.	×	×	-	×	×
12	Sine - Azimoth instrm.	×	-	-	-	-
13	Sine - Ver, sine instrm.	×	×	-	×	-
14	Perfect instrument	×	-	-	-	×
		۱۳	۱۱	۸	۶	۵



THE ASTROLABE OF SHAH ABBAS II, A.D. 1647

اظهارنظر از نویسنده‌ای نامعلوم

در کتابخانهٔ رامپور، هندوستان، آیدین سائیلی نسخه‌ای خطی از بیرجندی یافته که بر جدولهای الغ بیگی تفسیری نوشته است این ورقه به زبان فارسی و با دستخطی متفاوت نوشته شده که نه عنوان و نه اسم مؤلف. را دارد این مقاله تشریح و تفسیر جالب و کلی از یک رصدخانه است. اثر نوشته‌ای مغشوش و درهم و برهم است و به نظر می‌رسد به همت شخصی که در نجوم دارای تخصصی نبوده استنساخ و نوشته شده است. سبک نوشته به روال هندی است. در زیر ترجمهٔ سائیلی از این نوشته آمده است، زیرا در آن نکاتی دربارهٔ رصدخانه آمده است.

(مسائل و مطالبی از یک رصدخانه)

رصد عبارت از علمی است که در آن، حالات و موقعیتهای اجرام نورانی آسمانی به کمک ابزار و آلات مخصوص مورد بررسی قرار می‌گیرد. دانشمندان برای این منظور به این فکر رسیده‌اند که کار رصد را بر سه اصل و شرط اساسی و بنیادی پایه گذاری کنند.

(الف ـ رصدخانه): اصل بنیادی اول عبارت از ساختمان رصد خانه است که باید در بردارندهٔ سه مشخصات باشد. اولین صنعت ممیزهٔ رصدخانه این است که نقل و انتقال و جابجایی انواع اجرام سماوی و تقاطع مسیرهایشان با نصف‌النهار در رصدخانه قابل مشاهده باشد. دلیل ترجیح دادن و انطباق انتقالات بر نصف‌النهار محل بر ساعات طلوع و غروب این است که رصد نصف‌النهار دقیقاً خالی از شک و ابهام است، در حالی که افق واقعی قابل رؤیت نیست و تنها چیزی که دیده می‌شود می‌تواند یکی از افقهای ظاهری باشد و آنهم طلوع و غروب خورشید است. همچنین اختر شناسان می‌توانند اختلاف رصد یک ستاره را در یک نصف‌النهار تا نصف‌النهار دیگر بیابند نه از یک طلوع تا طلوع دیگر یا از یک غروب به غروب دیگر.

دوّمین صفت و مشخصهٔ ممیزه این است که ساختمان رصدخانه باید به ترتیبی باشد که تمامی اجرام سماوی قابل رؤیت از یک محدودهٔ مشخص تا محدودهٔ دیگر که در روز دیده نمی‌شود، در این ساختمان و دستگاههای آن قابل رؤیت و بررسی باشد.

سومین صفت ممیزهٔ رصدخانه باید این باشد که اجرام سماوی که در شب دیده می‌شوند در روز نیز قابل رؤیت باشند، زیرا بعضی از این اجرام سماوی شبانه به نصف‌النهار محل

می‌رسند، در حالیکه تعدادی از آنها در خلال روز از خط نصف‌النهار محل می‌گذرند.

چگونگی ساختمان رصدخانه باید به این ترتیب باشد که اولاً تپهٔ بسیار بلندی در محدودهٔ شهر باید انتخاب شود، سپس بالای آن کاملاً مسطح و تراز شود. روی این تپه دو دیوار که در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند بنا شود که یکی رو به سمت مشرق سطح تپه و دیگری رو به سمت مغرب باشد. فاصلهٔ بین این دو دیوار معادل چهار «ذراع» یا کمی کمتر باشد. طول هر دیوار را چهارصد گز می‌سازیم. ارتفاع و بلندای هر یک از این دو دیوار برابر صد گز یا بیشتر است که باید دیواره‌های ایستگاه موازی یکدیگر باشند. فضای بین دو تیغه از درازا متوازی نصف‌النهار خواهد بود که باید قبلاً خط نصف‌النهار را پیدا کنیم تا در سمت و جهت آن قرار گیرد.

در اینجا باید این نکته را به وضوح روشنی اضافه کرد که دو دیوار رو به روی یکدیگر را می‌توان با یک سقف ساده پوشاند. نباید آنرا به صورت یک اتاق ساخت، چه قسمتهایی به بلندی و ارتفاع یک صد گز در این مکان ساخته شده‌اند.

فضای بین دو دیوار باید شامل نود تیغه یا علامت باشد. درون ساختمان مرکزی شامل تعداد زیادی اتاق و فضاهای کوچک و بزرگ با اندازه‌های متفاوت ساخته می‌شود (در فضای بین ربع جداری شمال و جنوب آن باید اتاقهایی برای بعضی از کار[1]) تعبیه کرد هر زمان که چنین تپه و ساختمان و فضایی با توضیحات داده شدهٔ بالا آماده شد، سه امتیاز مشخصه‌ای که در ذیل ذکر می‌شود باید قابل اجرا باشد.

مشخصهٔ اول رصدخانه این است که هر زمان که این مکان ساخته شد باید دیوارهای آن موازی نصف‌النهار محل و در جهت رو در روی آن باشد و اجرام سماوی واقع در خط نصف‌النهار به شمال و به جنوب و همچنین آنهایی که در منطقهٔ رؤیت ماه و خورشید قرار دارند در این محل دقیقاً قابل رؤیت باشند.

امتیاز دوّم این است که وقتی سطح تپه در ارتفاع مشخص روی ناحیهٔ اطراف واقع شده باشد، باید درجائی باشد که عبور ستارگانی که ممکن است از نصف‌النهار محل عبور کنند از منتهاالیه شمال تا منتهاالیه جنوب قابل رؤیت باشند.

سوم آنکه این دو تیغهٔ ساخته شده باید حالت یک افق آشکار و باز و بلا مانع را نسبت به

۱. توضیح داخل پرانتز از ...

کسانی که در درون ساختمان هستند داشته داخل این فضای بسته باید تاریک باشد و تا موقعیکه خورشید به دایرهٔ نصف‌النهاری خود نزدیک نشده فضای تاریک آسمان را نشان بدهد. تمامی اجرام سماوی باید متوالی و به طور پی در پی خلال روز از شکاف این دو دیوار که پوشش دارند قابل رؤیت باشند، به استثنای ستارگانی که زمان عبور آنها در نصف‌النهار نزدیک خورشید باشد که از شکاف رصدخانه عبور می‌کند.

(ب ـ اسطرلاب): مهمترین وسیله‌ای که برای یک رصدخانه لازم و اصل دوّم است، اسطرلابی است که قطر آن حدود یک ذراع باشد. چنانچه تقسیمات لازمه را روی آن نقش کرده باشند و مقیاسها و نتایج به دست آمده قابل استفاده و مطمئن باشد و دقیقه‌ها و ثانیه‌ها و قوس و روابط مثلثاتی و سایر مشخصات ریاضی آن کامل و درست باشد، وجودش بسیار و ضروری است. چون جابجایی و نقل و انتقال این اسطرلاب به علت سنگینی مشکل خواهد بود، بنابراین نصب آن روی پایه‌های محکم اسطرلاب ضروری است و باید به ترتیبی باشد که گردانیدن آن به هر جهت که لازم باشد ساده و سریع و آسان انجام گیرد. در این حالت رصد و محاسبهٔ هر جرم آسمانی به خوبی انجام خواهد گرفت اگر با (الیداد) یا عضاده قراول روی انجام گیرد و ستاره‌ای که به خط نصف‌النهار رسیده باشد ارصاد شود و مدت و مشخصات و سایر اطلاعات مورد نیاز به دست خواهد آمد.[1]

(ج ـ اندازه‌گیری زمان): اصل بسیار مهم در هر رصدخانه که سومین اصل است دانستن زمان و ساعت دقیق پدیدار شدن و نهان گشتن هر ستاره است که از فضای مابین دیوارها و از شکاف قوس بالای سقف دو دیوار عبور می‌کند. این جرم سماوی که حدود سه یا چهار درجه یا بیشتر یا کمتر ظاهر می‌شود و قابل مشاهده می‌گردد باید دقیقاً رصد شود، بنابراین هر وقت که یک جرم اختری از لبهٔ دیوار پدیدار شد و طلوع کرد نهادن شاخص (ساعت گرفتن) بسیار لازم و ضروری خواهد بود. به عنوان مثال، خط کش العضاده را باید دقیقاً طرف ستارهٔ مورد نظر قرار داد و با ساعت آبی[2] آن را دقیقاً کنترل کرد و شاخص نقطهٔ دید خط کش را در جهت حرکت در نصف‌النهار چرخاند و یکایک درجات ثانیه‌ها و دقیقه‌ها را با ساعت معلوم و مشخص کرد که چه زمانی سیاره‌ای با چه ستاره‌ای نزدیک بوده یا اقتران در چه وقت انجام

۱. شرح محاسبات دقیق ریاضی اسطرلاب در فصل چهارم آورده شده است که نویسنده (ف . ب) آن را به رسالهٔ عرضی اضافه کرده است.

۲. منظور ساعت مورد نظر آن زمان است.

گرفته و چه سیاره‌ای از ستارهٔ دیگر عبور کرده است و قوس پیموده شده چه مقدار است ؟ مشخصات این کار را هر رصدکننده‌ای باید در جدولی بنویسید. با چند بار کنترل این جدول تهیه و تدوین می‌شود که همان جدول نجومی یا زیج است که به این ترتیب به دست می‌آید.

بابرشاه و سمرقند

ظهیرالدین محمدابن عمر شاه بابر (۱۵۳۰ - ۱۴۸۳) شاه افغانی هندوستان است که سمرقند را یک بار در سال ۱۴۹۷ و بار دوّم در سال ۱۵۱۱ تسخیر کرد. در خاطراتش که آن را در یادداشتهای بعدی خود نوشته مشاهدات خود را از سمرقند و محیط اطرافش خاطرنشان کرده که برای مطالعهٔ وضع سمرقند در آن عصر بسیار ارزشمند است. تمام نسخه‌های خطی این سفرنامه‌ها و گزارشها را «بابر ـ نامه» نام نهاده‌اند که باگویش و زبان فارسی نوشته شده است. این سفرنامه و یاداشتهای بابر شاه در سال ۱۹۰۵ در دو مجله و در سری خاطرات «گیب»[1] به همت «بوریج»[2] منتشر شد که ترجمه‌ای از آن را به زبان انگلیسی ال. کینگ[3] در دو جلد در لندن و در سال ۱۹۲۱ چاپ کرد. بخشش مربوط به سمرقند و رصدخانه و زیج آن و سایر مطالب در جلد اوّل آورده شده است. متن در صفحات آ ـ ۴۷ ـ ب ۴۶، ترجمه در صفحات ۸۲ ـ ۸۰، متن و ترجمهٔ آن به فرانسه به قلم ل . پ . ثی .آ . سدیلوت [4] همراه با مقدمه‌ای بر جدول و زیج نجومی الغ بیگ در جلد اوّل پاریس ۱۸۴۷ و مقدمه‌ای در صفحات ۳۷ ـ ۶۲ داده شده است. من[5] ترجمهٔ جدیدی از بخش مربوط به رصدخانه کرده‌ام که قسمتی از آن در کتابی از آ. سائیلی[6] به نام «رصدخانه در اسلام» آورده شده است: عمارت رفیع و بزرگی بر تپهٔ کوهک است که رصدخانه‌ای است برای تنظیم و تهیه و تصنیف جدولهای نجومی و کارهای ستاره‌شناسی. این ساختمان دارای سه طبقه است. در این محل است که میرزا «الغ بیگ» زیج گورگانی را تهیه کرده است که هنوز هم تا زمان حاضر تقریباً هیچ زیجی به این صورت مورد استفاده قرار نگرفته است. قبل از به وجود آمدن این زیج جدولهای ایلخانی مورد استفادهٔ عموم علاقه‌مندان قرار می‌گرفت و جدولهایی که خواجه نصیر در عصر

1. Gibb
2. A. Beverige
3. L. King
4. L.P.E.A SEDILLPT
5. منظور «فرانس بروین» است.
6. Aydin Sayili

هلاکو و بعد از بر پاکردن رصدخانه در مراغه تنظیم و تهیه کرده است. اخیراً کمتر از هفت یا هشت رصدخانه در تمام دنیا ساخته شده است. در میان این تعداد رصدخانه‌ها، رصدخانه‌ای هم به همت مأمون خلیفه عباسی ساخته شد که منجر به تهیهٔ زیج و جدول «مامونی» گردید. رصدخانهٔ دیگری به همت بطلمیوس ساخته شد و چندتای دیگر در هندوستان در عصر راجه مجید هندو[1] یکی در اوجین» دیگری در «هار» در دوران پادشاهی «مالوا»[2] جدولهای نجومی که برای این حکمران تهیه شده ۱۵۸۴ سال پیش بوده و هنوز در هندوستان مورد استفادهٔ عده‌ای قرار دارد که از آن استفادهٔ «استرولوژی» می‌کنند، در حالی که اگر این جدول را با سایر جدولهای بعدی مقایسه کنیم بسیار ابتدایی و ناقص خواهد بود. در پای تپهٔ کوهک، در ضلع غربی‌اش، باغی وجود دارد به نام باغ میدان که در داخل این باغ به طرف پائین، عمارت بزرگی به نام «چهلستون» قرار دارد. ستونها، گالریها، سرسرا، و راهروها تماماً با کاشی لعابدار ساخته شده‌اند. در بالای چهار برج در چهارگوشهٔ عمارت چهار مناره ساخته شده که از آنها می‌توان برای بالا رفتن از برجها استفاده کرد. این ستونها از کاشی لعابدار پوشیده شده‌اند و برخی از آنها به صورت مارپیچی یا حلزونی هستند. چهار ضلع طبقهٔ بالایی شامل سرسراهایی است که دیوارهای آن از کاشیهای لعابدار و براق است و در وسط یک عمارت کلاه فرنگی مانندی قرار دارد و تمامی عمارت با کاشیهای رنگارنگ و لعابدار پوشیده شده است.[3]

از این محل به طرف قسمت دیگر تپهٔ کوهک باغ کوچک دیگری با یک سالن بزرگ روباز قرار دارد. در داخل آن اورنگ یا تختی است که از یک قطعه سنگ که طولش حدود چهارده یا پانزده گز (حدود ۱۰ متر) و عرض آن حدود هفت یا هشت گز (تقریباً ۵ متر) و ضخامت آن یک گز (حدود ۰/۶۴ متر) است ساخته شده است. این سنگ بزرگ مطمئناً از مکان بسیار دوری به اینجا آورده است. در وسط این سنگ ترک و شکافی به چشم می‌خورد که گفته شده، بعد از گذاردن و نصب آن ظاهر گردیده است.

در همان باغ شخصی عمارت کلاه فرنگی دیگری دایره می‌شود که سطح دیوارهای آن

1. Raja, Bikar-Majit
2. MALWA
۳. معمولاً در سایر گزارشها و سفرنامه نوشته شده که از سنگ صیقلی بوده در حالی که باستان شناسی به نام K-GRAFF در سال ۱۹۲۰ گزارش داده که تعداد زیادی کاشیهای لعابدار در کاوشهای خود به دست آورده است. آقای فرانس بروین اضافه می‌کند. «شخصاً تعداد زیادی کاشی لعابدار به رنگ لاجوردی و پرطاؤسی و نیلی و سبز و قهوه‌ای رنگ را همان محل دیده‌ام».

کاملاً از کاشیهای لعابدار چینی «پورسلین» پوشیده شده و به همین دلیل این عمارت را عمارت چینی نامیده‌اند. گفته می‌شود مطمئناً افرادی را برای ساختن این دیوارها به چین فرستاده یا از آنجا خوسته‌اند.

خجندی[1]

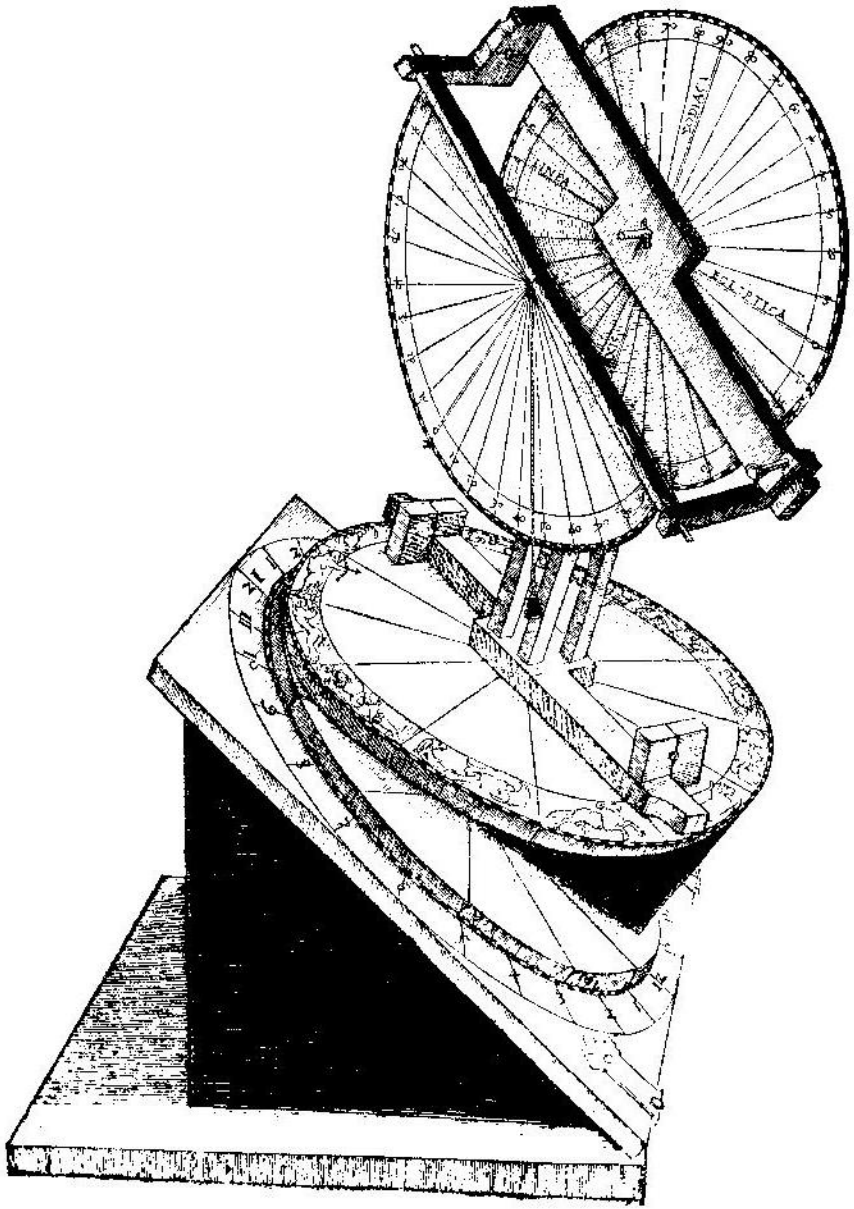
در ژورنال المشرق «مجلهٔ شرق» (نشریهٔ ماهانهٔ انجمن کاتولیک‌های شرقی در جلد «سال ۱۰۹۸» در صفحات ۶۸ ـ ۶۰، پدر شیخو[2] نامه‌ای از الخجندی به دست آورده و آن را بدین عنوان منتشر ساخته است.

نامه‌ای است از ابومحمود حامدابن خضر الخجندی دربارهٔ یافتن انحراف و عرض جغرافیایی شهر از روی عرضهای جغرافیایی که از خورشید در زمان دو تحویل سال به دست می‌آید. در این نامه خجندی در صفحهٔ ۲۶ می‌نویسد: خورشید را در شهر ری در سال سیصد و هشتاد و چهار هجری (۹۹۴ بعد از میلاد) و سال سیصد و شصت و سه با اسبابی که اختراع کرده‌ام و در رصدخانه‌ای که ساخته‌ام رصد کردم. این رصدخانه دارای قوسی از دایره به قطر هشتاد ذراع است: آن را به نام ساختمان رصدخانه شش گوشه یا سدس فخری نامیدم، زیرا یک ششم ($\frac{1}{6}$) یا سدسی از دایرهٔ نصف‌النهار است.[3]

۱. خجندی یکی از دانشمندان بسیار برجسته و بنام ریاضی و هیئت بوده و در زمان عضدالدوله دیلمی در شهرری زندگی می‌کرده است. ایل خجند واقع در جنوب تاشکند و از شهرهای ماوراءالنهر بوده و در شهر ری رصدخانهٔ «سدس فخری» را به نام فخرالدولهٔ دیلمی ساخته است. در سال ۳۹۰ هـ ق. درگذشته است از دوستان ابوریحان بیرونی بوده راه‌حل مسئلهٔ $x^3+y^3=z^3$ از اوست. سه کتاب ریاضی و نجوم از او باقی مانده و دربارهٔ ریشهٔ معاملات مطالعات عمیقی کرده است (س. غ.).

۲. کلمهٔ (پدر) لقب مقدسی است برای کشیشان و چون Cheikho عضو این گروه بوده به نام پدر شیخو نامیده شده است.

۳. ترجمهٔ این جمله است: (Since it is a sextant of the meridian circle) بنابر آنچه که در کتاب الزیج الکبیر الحاکمی از ابن یوسف مصری و نسخهٔ منحصر به فرد، که در کتابخانهٔ لیدن است، آورده شده در زمان مامون خالدبن عبدالملک مرو رودی همراه با علی بن عیسی الاسطرلابی و علی بن البحتری و سندبن علی در ناحیهٔ «ندمر» عراق اندازهٔ یک درجه از نصف‌النهار را به‌دست آوردند که برابر با ۵۶ میل بوده، چون هر میل برابر با ۴۰۰۰ ذراع است، بنابراین اندازهٔ یک درجه از نصف‌النهار مساوی با ۲۲۲۰۰۰ ذراع می‌شود و اگر هر ذراع را برابر با ۶۴ سانتی‌متر انتخاب کنیم اندازهٔ طول یک درجه قوس به دست آمدهٔ نصف‌النهار برابر با ۳۶۰ ضربدر ۱۴۳/۳۶۰ و مساوی با ۵۱/۶۰۹/۶۰۰ متر خواهد بود.
حال اگر فرو رفتگی قطبین از این عدد کسر گردد ملاحظه می‌شود که کار دانشمندان قدیم ایران چقدر به محاسبهٔ امروز که محیط کره زمین در خط استوا برابر ۲۱/۰۰۰/۰۰۰ متر است نزدیک بوده است (س. غ.).



شکل ۴۳. دستگاه زاویه خوانی عمودی افقی که از تخته ساخته شده است (تئودولیت اولیه).

ابوریحان بیرونی

به دنبال قسمتی از نوشتهٔ خجندی «پدر شیخو» گزارش کوتاهی از طرح سدس فخری به همت بیرونی می‌دهد که ترجمهٔ کامل آن را در اینجا ارائه می‌کنیم.

«گزارشی است از دستگاهی به نام سُدس فخری که بر طبق نظر ابوریحان محمدابن‌احمد بیرونی که خدایش بیامرزد و استاد بزرگوار که عنایت و کمک خداوند شامل حال او باشد خط نصف‌النهاری را در رصدخانه ساخته بود. او دو دیوار را به موازات خط نصف‌النهار بنا نهاد، هر کدام حدود هفت ذراع از یکدیگر جدا بودند. در انتهای جنوبی سقف گنبدی یکپارچه تاقداری با سوراخی در بالای آن به قطر یک وجب (بیست و یک سانت) تعبیه شده بود و در ارتفاع بیست ذراع بالای کف ساختمان بود. در امتداد قطر آن یک قطعه فلز کار گذاشته شده است.

شیاری به اندازهٔ بیست ذراع در داخل زمین کنده شده (به شکل آخر این فصل مراجعه شود) و از سطح زمین پایینتر ساخته می‌شود، پلکان داخل شیار از تخته‌های بسیار محکم استفاده شده بودند و از آنها یک شیار قوسی که مقطع آن به شکل مربع توخالی و بسیار قوی، و خم نشدنی است به طول چهل ذراع وجود داشت.

در یکی از سرهای آن یک لولا یا «مفصلی» به بالا به ترتیبی وصل شده بود که بدان وسیله پیکان یا تیری از آهن از سقف به طور آزاد آویزان می‌شد. این میلهٔ پیکان به جای شعاع یک دایره مورد استفاده قرار داده می‌شد. خجندی آن را در سوراخ حفره بالای سقف به ترتیبی نصب کرده بود که با چرخیدن آن قوسی برابر یک ششم دایره (سدس) را نشان می‌داد. در داخل این رصدخانه ابزار آلاتی از تخته‌هایی ساخته شده بودند و آنها هموار و صاف و تراز و تسطیح بود و روی آنها ورقه‌هایی از فلزی نازک پوشیده شده بود و اعداد و ارقام و تقسیماتی نوشته شده بود. این قوس به شصت قسمت مساوی تقسیم شده هر کدام این قسمتها برابر با یک درجه و از دایره‌ای بود که دایره خود به سیصد و شصت قسمت مساوی تقسیم شده بود، به ترتیبی که دقیقاً ارتفاع آفتاب را که از روزنهٔ بالا به این قوس می‌تابید نشان می‌داد تا جایی که بشود ارتفاع آفتاب را اندازه گرفت. هر قسمت از این درجات که در حقیقت «دقیقه» بودند به ده ثانیه ـ ده ثانیه تقسیم شده بودند.

وقتی خورشید به نیم روز و ظهر می‌رسید، اشعه‌هایش از سوراخ و روزنه می‌تابید و بر

درجاتی از قوس ربع جداری می‌افتاد. از آنجایی که اشعه‌های خورشید پس از تابیدن از روزنه به شکل مخروط تابیده می‌شود و محل تابیدن آن روی سطح بزرگتر از سوراخ اثر می‌گذاشت، بنابراین وسیلهٔ دیگری ساخته شد که عبارت از دایره‌ای بود که دارای دو قطر متقاطع و متساوی بودند دایرهٔ مذکور هم به اندازهٔ قطر روزنهٔ بالای سقف است و محل تابیدن نور دو بار از آن عبور می‌کرد و می‌تابید. این دو شعاع نور به درجات قوسی‌ای که نصب شده خواهد تابید وقتی که آفتاب در نیمروز است ارتفاع آفتاب را نشان می‌دهد.[1] بدین وسیله موقعیت مرکز رصدخانه در نیمروز دانسته می‌شود.

حال تعیین زاویه‌ای متمم که باید آن را برای محاسبات مثلثاتی به کار ببریم.[2] از راس بالایی قوس جداری شاقولی آویزان می‌کنیم که در امتداد نور خورشید روی ربع جداری حرکت کرده و زاویهٔ متمم را نشان خواهد داد که از مرکز نقطه‌ای بر سطح قوس مذکور امتداد شاقول زاویهٔ متمم را نشان می‌دهد. مثلاً اگر ارتفاع خورشید ۶۰ درجه باشد متمم آن ۳۰ درجه خواهد بود.

در هر حال خداوند ما را به آنچه که درست و صحیح است هدایت کند.

از آنجایی که ابوریحان بیرونی به شهر ری رفته و با خضر خنجدی معاشرت و مراوده داشته توضیحی بر کارهای خضر خجندی در کتاب تحدید الاماکن خود داده است. مطالب زیر خلاصه‌ای از صفحهٔ ۱۰۲ کتاب «تحدید الاماکن» بیرونی است که ح ،علی با تغییرات جزئی از طرف انتشارات اِ ـ یُو ـ بی [3] در بیروت در سال ۱۹۶۷ منتشر کرده است.

ابو محمود حامدبن الخضر خجندی بر کوه «تبرک» نزدیکی شهر ری بنا به موافقت فخرالدوله دیلمی دو دیوار موازی بر خط نصف‌النهار به اندازهٔ هفت ذراع جدا از هم، درست کرد. و روی آنها سقفی با یک سوراخ که دارای قطری به اندازهٔ یک وجب بود بر آن گنبدی بنا کرد. مرکز سوراخ را بر مرکزی از یک سدس یک قسمتی از دایره که در امتداد خط نصف‌النهار و مابین دو دیوار بود قرار داد. که قطری به اندازهٔ هشتاد ذراع داشت و تخته‌هایی از چوب روی آن نهاد و با برنج آن را پوشاند و هر درجه از دور قوس کامل را به سیصد و شصت قسمت مساوی تقسیم کرد؛ بنابراین هر کدام از این قسمتها مساوی ده ثانیه از قوس

۱. این شکاف باید به ترتیبی باشد که مستطیل تابش نور خورشید را در پایینتر مدار رأس الجدی و بالاترین نقطهٔ مدار رأس السرطان نشان دهد (س. غ.).

۲. از (س. غ.).

3. A. V. B , Beirut, 1967 centennial publication

ساخته شد. ظهرها در تمام عرض سال خورشید از آن سوراخ روی خط نصف النهار و قوس مذکور می‌تابید.

خجندی وسیلهٔ دایره مانندی را با سطح و مساحتی برابر با نقطهٔ تابش نور به روی سطح زمین ساخت که مرکز آن به روشنی با تقاطع دو قطرش مشخص شده بود. با انطباق محیط آن به محیط نقطهٔ منوّر، قادر به تعیین ارتفاع خورشید از سمت الرأس (زنیط) یا «بالاترین نقطهٔ آسمان بود که از موقعیت این مرکز به دست می‌آمد.

ابوالحسن المراکشی

ال. آ. ام سدیلو[1] درکتاب «یادداشت‌هایی بر آلات و ابزار رصد خانه‌های ملل عرب» که در سال ۱۸۴۱ در پاریس چاپ کرده است[1] مرور و مطالعه‌ای بر نسخهٔ خطی ابوالحسن[2] کرده است و در آن فصلی برسدس فخری دارد که به نظر می‌آید به مقدار زیادی از نوشته‌های بیرونی استنساخ شده است. متن عربی در صفحات ۴ـ۲.۲ از کتاب سدیلو و ترجمه به فرانسه در صفحات ۵ـ۲۰۴ آمده است. در زیر ترجمهٔ جدیدی از این نوشته که در این مورد مفید است می‌آوریم.

فصل دوّم از کتاب «جامع المبادی و الغایات»

دربارهٔ اسبابی که ذات السدس رصد خوانده می‌شود.

تفاوت بزرگی بین این ابزار و آلت رصد و دیگر اسبابهایی است که با آنها ارتفاع خورشید را رصد می‌کنند. این تفاوت در این است که دیگر اسبابها برای رصد ارتفاع می‌توانند فقط درجه‌ها و دقیقه‌ها را اندازه بگیرند، درجایی که با این وسیله علاوه بر درجه‌ها و دقایق، ثانیه‌ها و متمم زوایا (ارتفاع) را هم می‌توان اندازه گرفت. این دستگاه به این طریق ساخته شده است که: خط نصف‌النهار را به طوری که قبلاً توضیح دادیم مشخص می‌کنیم و دو دیوار به موازات خط نصف‌النهار می‌سازیم. هر کدام در یک طرف و به اندازهٔ هفت ذراع از یکدیگر جدا هستند. مابین آنان، در طرف جنوبی، یک تاق یکپارچهٔ سقف گنبدی مانندی ساخته می‌شود. روی آن سوراخی مدور با قطری به اندازهٔ یک ششم یک ذراع قرار می‌گیرد که در ارتفاع

1. L. A. M. Sedillot, memoire sur les instruments astronomiques des arabes, paris, 1841.

۲. ابوالحسن علی بن ابی بکر بن عبدالله المراکشی دانشمند قرن هفتم است که کتاب «جامع المبادی و الغایات» را دربارهٔ توصیف

بیست ذراع از سطح زمین است. در امتداد قطر سوراخ یک میلهٔ آهنی کار گذاشته می‌شود. حال گودالی به عمق بیست ذراع داخل زمین در امتداد شاقول معلق از مرکز سوراخ حفر می‌کنیم. تخته‌هایی بسیار محکم برداشته حفره‌ای به پهنای یک میل و به مقطع مربع شکل به درازای چهل ذراع می‌سازیم. بسیار محکم قوی وراست، به طوری که تخته‌های نصب شده خم نشوند. در بالای قوس لولایی کار می‌گذاریم که با آن میله (پیکان) مانندی از قطعه آهن و از داخل سوراخ آویزان می‌گردد. این میله را به عنوان شعاع یک دایره مورد استفاده قرار می‌دهند. میلهٔ پیکان‌دار در داخل حفرهٔ کنده شده تا آنجایی که قوسی مساوی یک ششم دایره درست کند چرخانده می‌شود. در داخل آن تخته‌هایی کار می‌گذاریم و آنرا صاف و تراز تسطیح می‌کنیم و آن را با ورقه‌های فلزی که بتوان تقسیماتی روی آن حک کرد می‌پوشانیم.

قوس به شصت قسمت تقسیم می‌شود که هرکدام از این قسمتها یک درجه‌اند. به طوری که سپس درجایی که فکر می‌کنیم حداکثر ارتفاع تابیدن خورشید است درجه‌ای را به شصت قسمت تقسیم می‌کنیم، در نتیجه هر یک از این قسمتها یک دقیقه می‌شوند. حال هر دقیقه را به ده قسمت کوچکتر تقسیم کنیم، (چنانکه) هر کدام از این خطوط هنگامه برابر با شش ثانیه شوند.

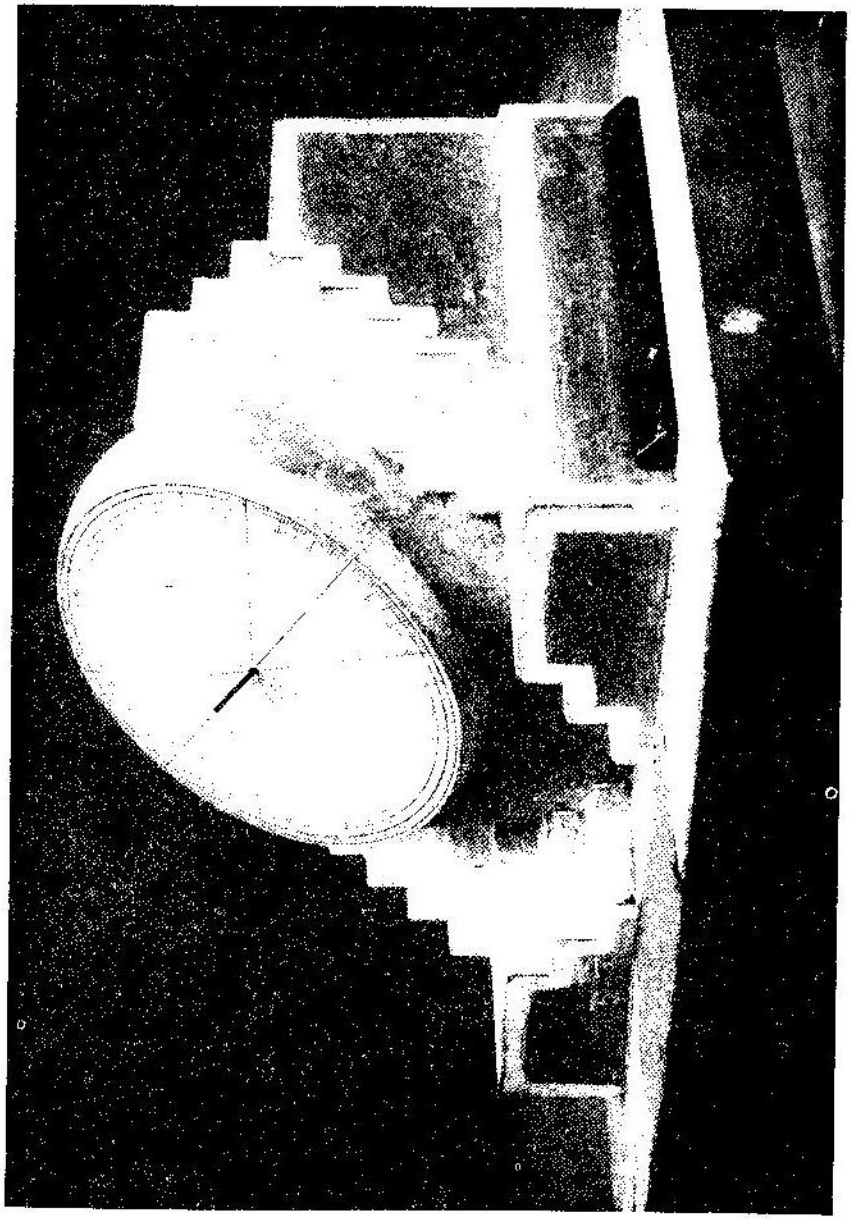
وقتی که خورشید به ظهر نیمروز می‌رسد، اشعه‌هایش از طریق این سوراخ به درون قوس نصف‌النهار تابیده می‌شود. به خاطر اینکه اشعه‌های خورشید پس از عبور از روزنه به شکل مخروط انتشار و تکثیر می‌یابند و نقطهٔ روشنی را روی زمین از سوراخ اولیه بزرگتر درست می‌کنند، بنابراین ابزار دیگری را باید برای معین کردن مرکز نقطهٔ تابش درست کرد. این اسباب دایره‌ای است که «شعاع» آن برابر شعاع نقطهٔ روشن روی زمین است. ما آن را با قطرهایی که با زاویهٔ قائمه همدیگر را قطع می‌کنند، درست می‌کنیم. وقتی خورشید به خط نیمروزی خود نزدیک می‌شود، دایرهٔ کوچک را با نقطهٔ روشن روی زمین به ترتیبی منطبق می‌کنیم و حرکت می‌دهیم که به آهستگی حرکت خورشید را تا موقعی که مرکزش روی خط قوسی نصف‌النهار بیفتد دنبال کند. از این طریق است که مرکز نقطه بر خط قوس نصف‌النهار معلوم می‌شود و از این کار مرتباً هر روز ارتفاع خورشید در نیمروز هر جا و هر شهری مشخص می‌شود. برای تعیین موقعیت زاویه‌ای و محاسبات اعمال مثلثاتی مورد نیاز از مرکز دایره نسبت به نقطه‌ای در امتداد عمودی زیر سوراخ با آویزان کردن شاقولی زاویهٔ متمم

ارتفاع را به دست می‌آوریم. و الله اعلم به حقایق الامور.

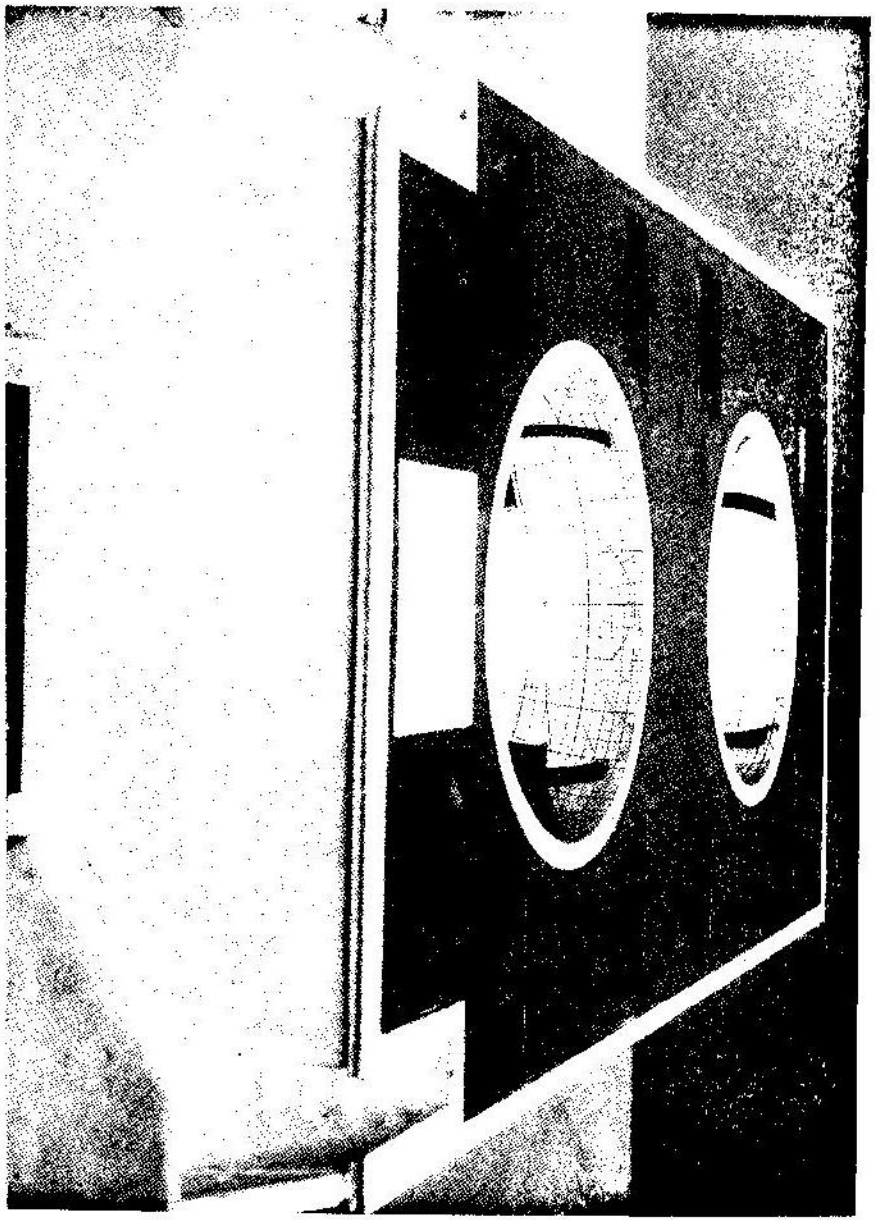
بیرجندی و رصدخانهٔ «جی سینگ»

در نوشته‌هایی قدیمی‌تر دو مقالهٔ مستند وجود دارد که می‌توانند طرق استفاده از سُدس فخری را در سمرقند بیان کنند. یکی را بیرجندی نوشته است که رسالهٔ شرح جدولهای الغ بیگی را به تحریر در آورده است. در آن آمده است که «اختر شناسان رصد خانهٔ سمرقند میزان انحراف و حرکات خورشید و ماه را با کمک سُدس فخری اندازه اندازه گرفته» و سند دیگر رساله است از «زیج محمد شاهی» که جی سینگ دوم در حدود ۱۷۰۰ میلادی نوشته است و دبلیو ـ هانتر[1] آن را ترجمه کرده است و در نشریهٔ «تحقیقات آسیایی» ۵ مورخ ۱۷۹۸ در صفحهٔ ۱۸۳ دیده می‌شود. چاپ مجدد این رساله به همت اچ ـ ژی ـ ژی ـ وینتر[2] در مجلهٔ «علوم شرقی» در صفحهٔ ۳ـ۹۲ آمده است. در مقدمهٔ زیج محمد شاهی در مورد «جی سینگ» به بعضی از ابزار و آلاتی که در سمرقند استفاده شده اشاره می‌کند و در میان آنها نامی از سدس فخری می‌برد و چنین می‌نویسد: برای وفا کردن به عهد در مورد اجرای دستوراتی که مهاراجه جی سینگ دریافت کرده بودند ایشان موظف و مأمور گردیدند که در مورد حل مسائل پیچیده و درهم و همی که باعث ناراحتی فکرش شده بودند ابزار و آلاتی که در رصدخانهٔ سمرقند و در سایر کتب اسلامی بوده در رصدخانهٔ دهلی بسازند که تعدادی از آنها مانند ذات الحَلق (کره مشبک). از برنج و به قطر سه گز ساخته شده و در حال حاضر مورد استفاده است و ذوات الشعبتین (خط کشهای بطلمیوس) و ذات الثقبتین (دستگاه هیپارکوس) و سدس فخری و سایر اسبابهای کاملی است که قبلاً بادقت طراحی شده بودند، لکن به علت کوچکی ساخت آنها، مفید واقع نشده بودند و باید دوباره سازی شود.

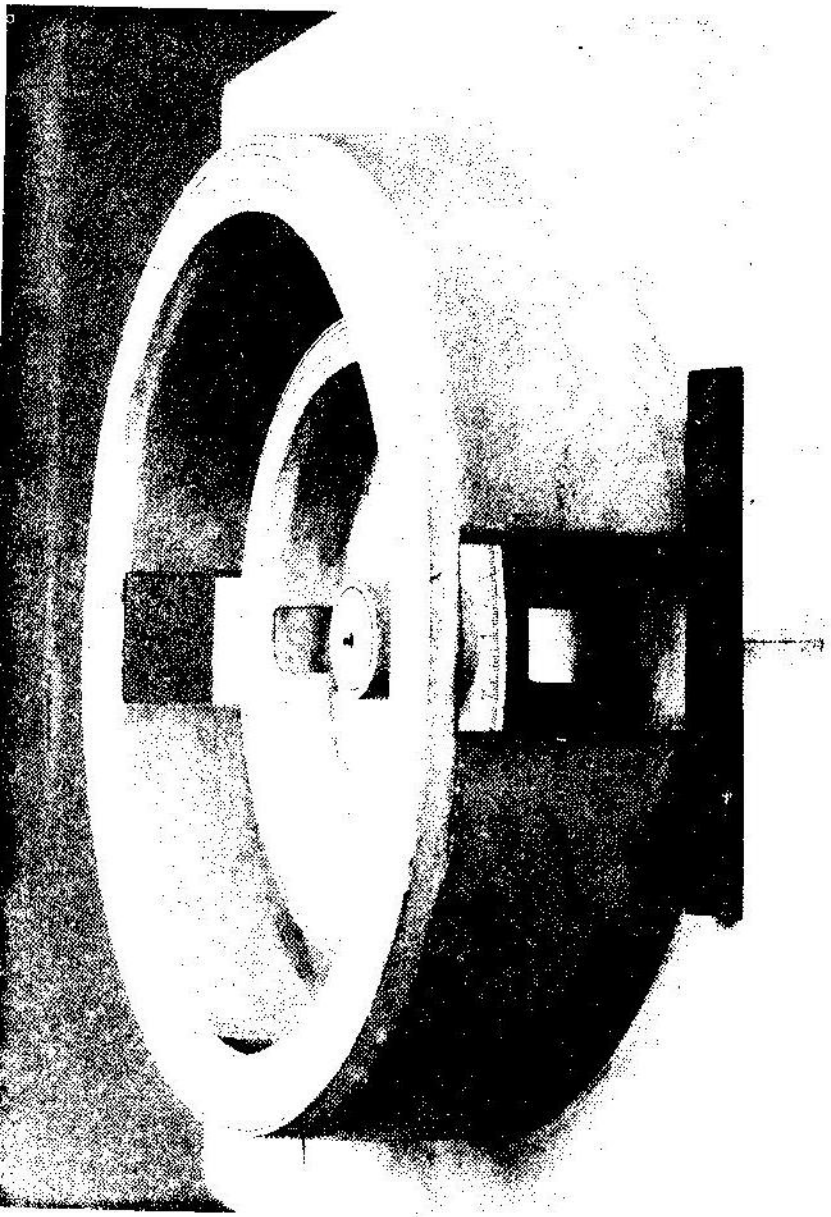
1. W. Hunter 2. H. J. G. Winter



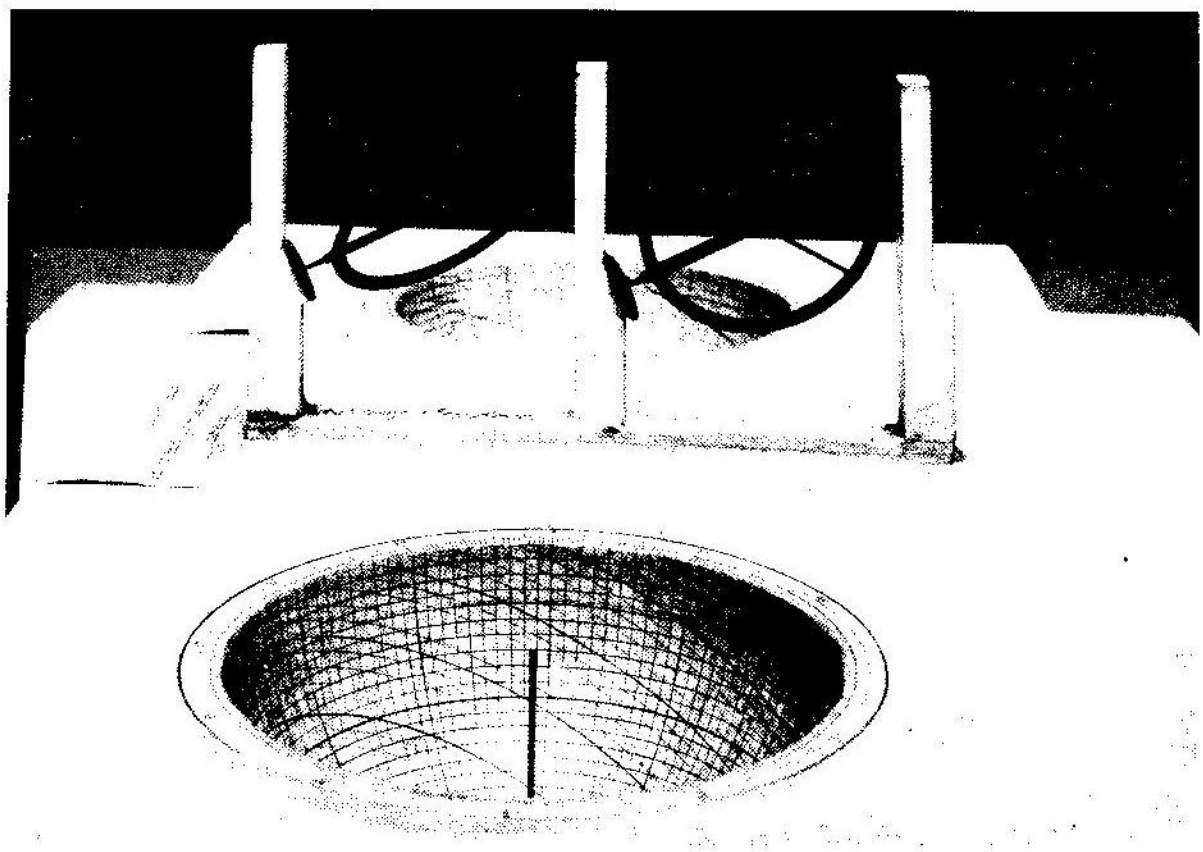
شکل ۴۴ . دستگاهی از رصدخانه (عکس ماکت از موزهٔ علوم لندن)



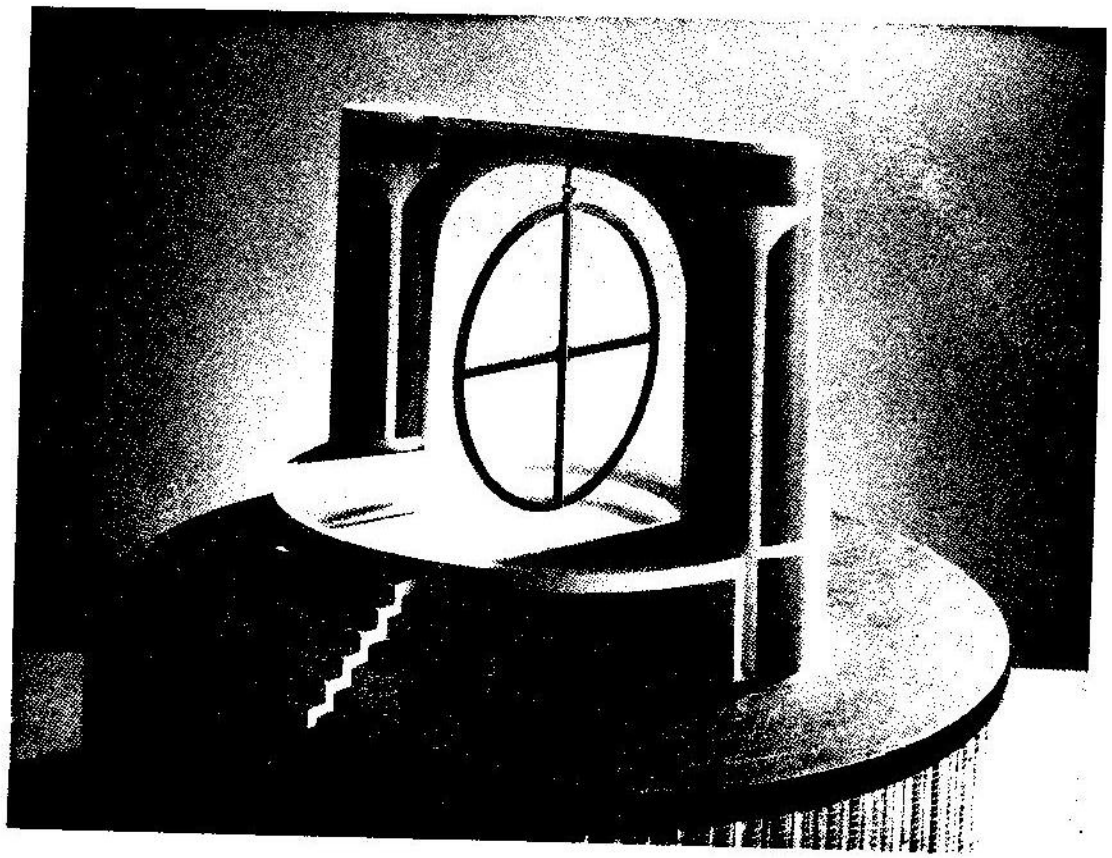
شکل ۴۵ . ماکت دستگاهی از رصدخانه در موزهٔ علوم لندن



شکل ۴۶. ماکت ساخته شدهٔ دستگاهی از رصدخانه (عکس از موزهٔ علوم لندن)



شکل ۴۷. دستگاهی از رصدخانهٔ جی سینگ (عکسی از موزهٔ علوم لندن)



شکل ۴۸. دستگاه قطب نما و مقادیر انحراف ماهیانه و سالیانه

شکل ۴۹. نروی داخل رصدخانهٔ سمرقند و شکاف ربع جداری

رصدخانهٔ سمرقند

در این کتاب سعی شده است که از کلیهٔ متون و نسخه‌های انگلیسی که دربارهٔ رصدخانهٔ سمرقند و زیج الغ‌بیگی و زاویه یاب (مسدس)[1] و سایر لوازم و ابزار رصدخانهٔ مذکور نوشته شده است استفاده شود و قسمت عمدهٔ این اطلاعات از مطالب کتابهای فارسی و عربی است که به زبان انگلیسی ترجمه شده و در دسترس بوده‌اند.

از سال ۱۹۰۷ به این طرف کوششهای وسیع و فراوانی به همت دانشمندان شوروی سابق برای کسب اطلاعات کامل دربارهٔ اینکه رصدخانهٔ سمرقندی به کدام یک از رصدخانه‌های قدیم شباهت دارد به عمل آمده و با مطالعهٔ مجموعه ترجمه‌هایی که در این کتاب ارائه می‌شود، خوانندهٔ این مطلب در موقعیت ارزشیابی کار رصدخانهٔ مراغه با رصدخانهٔ سمرقند قرار می‌گیرد. مهمترین تحقیقات و بررسیهای دانشمندان شوروی سابق در کتب و مقالات متعددی تشریح شده‌اند که یکی از آنها کتابی است از کاریل ـ نیازاف[2] که از طرف مدرسهٔ نجومی الغ‌بیک و آکادمی اوزبک زکوی[3] و تا شکند در سال ۱۹۶۷ چاپ و منتشر شده است.

شهر سمرقند در سال ۱۹۷۰ حدود ۴۵۰/۰۰۰ نفر سکنه داشته که ۷۵٪ آنها از نژاد ازبک بوده‌اند. این شهر در جلگهٔ هموارى واقع شده و در ارتفاع ۷۰۰ متری سطح دریا قرار دارد. شمال شرقی و قسمت جنوبی شهر باکوههای دور از هم و فاصله‌دار به ارتفاع ۲ تا ۳ هزار متر احاطه شده است و رگ حیاتی شهر، رودخانهٔ زر افشان است که از کوههای جنوب شرقی به طرف شهر سمرقند جاری می‌شود. مقدار متوسط بارش باران سالیانه ۲۴۰ میلی‌متر است زمستانهای این محدوده سرد و خشک است، امّا از آغاز ماه خرداد تا نیمهٔ مهر ماه آسمان این نواحی بی ابر و صاف است. تابستانهایش گرم است و حتی گاهی اوقات درجهٔ گرمی هوا به بیش از ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد.

محصولات شهر سمرقند عبارتند از: انگور و انجیر و پنبه که از مرغوبیت خاصی برخوردارند. در زمان اسکندر مقدونی و در حدود ۳۳۰ سال قبل از میلاد یونانیان این شهر را «ماراکندال»[4] نامیدند (کند یاکنت به معنی زیستگاه سکونت است). که یکی از گذرگاههای بازرگانی میان ایران و چین بوده و راه ابریشم از آن می‌گذشته است بابر شاه پادشاه هند مدعی

1. Sextant
2. T. N. Karil Niazov
3. Uzbekskoy
4. Mara Kandal

شد که قسمتی از شهر را بناکرده است. حفاریهای سالهای اخیر نشان می‌دهد که آثاری از این محدوده حتی پیش از قرن پنجم قبل از میلاد هم در غارهای اطراف شهر کشف شده است و نشان می‌دهد که انسانهایی از نوع نئاندرتال[1] حدود صد هزار سال قبل از میلاد در این نواحی می‌زیسته‌اند.

شهر مدرن به شکل مربع تقریباً منظمی با خیابانهای عریض و پهن با منظره‌ای یکنواخت و خسته‌کننده در غرب شهر قدیمی سمرقند قرن پانزدهم قرار گرفته است. از آثار و مشخصهٔ اصیل اسلامی جز چند ساختمان در آن اطراف چیزی باقی نمانده است. ضمناً خرابه‌های خانه‌های باستانی یونانیها در شمال شرقی شهر کم و بیش یافت شده است.

رصدخانهٔ سمرقند بر تپهٔ پهناور مسطح و طبیعی به قطر تقریبی هشتاد متر که از سطح اطرافش ۱۵ متر بالاتر است، قرار گرفته است. جادهٔ آسفالته به تاشکند (جادهٔ قبلی معروف به راه ابریشم) از سرتاسر شمال این تپه می‌گذرد. نهر آبی به پهنای دو متر مرز شرقی این تپه را تشکیل می‌دهد. خط دید افق اطراف تپه در تمام جهات صاف و بدون وجود عوارض طبیعی است. این مشخصات جغرافیایی نشان می‌دهد که انتخاب این محل و موقعیت آب و هوایی این محدوده برای کار رصدها و مشاهدات نجومی بسیار مطلوب و ایده‌آل بوده است.

پروفسور بروین استاد دانشگاه بیروت می‌نویسد: «در سپتامبر سال ۱۹۶۷ از شهر سمرقند بازدید به عمل آوردم. بناها و یادگارهای تاریخی عمدهٔ این شهر عبارت بودند از سه مدرسه در میدان ریگستان، بقایای مسجد بی‌بی بانو، مجموعه آرامگاه بزرگ شاه زنده، و مقبرهٔ گورمیر[2] که قبرامیر تیمور است، اما آنچه که از بقایای رصدخانه باقی مانده بوده به علت ویرانی و خرابی خیلی درخور توجه و جالب بنظر نمی‌آمد، تنها قطعات متلاشی و خرد شده‌ای از دیوارهای اطراف و نیمی از قسمت تحتانی یک تاق سنگی باقی مانده بود. همهٔ این آثار را «شگلف»[3] دانشمند باستان شناسی شوروری سابق در جزوه‌ای دربارهٔ تاریخ رصدخانهٔ سمرقند تشریح کرده است.

این شخص مسئول رصدخانهٔ تاشکند بوده که در یک جزوهٔ مختصر مطالب جالب و

1. Neander thal
2. Gur-i-mir
3. V. P. Cheglof

فشرده‌ای دربارهٔ رصدخانهٔ سمرقند آورده که بسیار بجا و مناسب است. کلیهٔ نظریاتی که بین پرانتز گذاشته شده است مطالبی هستند که جزوهٔ اصلی ذکر نشده بلکه نظر پروفسور بروین استاد رشتهٔ نجوم دورهٔ اسلام در دانشگاه بیروت است. در رساله‌ای که دربارهٔ زیج الغ‌بیگی در سمرقند و به همت «شگلف» در دهمین مجمع عمومی اتحادیهٔ بین‌المللی علوم ستاره شناسی مسکو، در اگوست ۱۹۵۸ ارائه شده است چنین نوشته شده: «رصدخانهٔ الغ‌بیگ در نزدیکی سمرقند (ازبکستان) واقع شده و یکی از قابل توجه‌ترین و جالبترین بناهای تاریخی به جای مانده از قرون وسطی است که از روی رصدخانهٔ مراغه ساخته شده است. مؤسس و پایه‌گذار این مکان علمی میرزا محمّد ترقی الغ‌بیک (۱۴۴۹ - ۱۳۹۴ م.) اخترشناسی والامقام بزرگ[1] و نوهٔ پسری تیمور کشورگشای معروف (۱۴۰۵ - ۱۳۳۶ م.) است. الغ‌بیگ در سال ۱۴۰۹ میلادی حاکم ماوراءالنهر خراسان و فرغانه[2] شد و از آن زمان به بعد شهر قدیمی سمرقند پایتخت این ایالت بزرگ انتخاب گردید.

الغ‌بیگ با برخورداری از تحصیلات خوب علوم ریاضی و اختر شناسی و همچنین دسترسی به منابع با ارزش علمی و مهم و داشتن درآمد و عایدیهای سرشار حکومتی توانست برجسته‌ترین دانشمندان واهل تتبع و تحقیق عصر خویش را به سمرقند فرا خواند و از وجود آنها برای اشاعهٔ علوم استفاده کند.

باکمک و مساعدت آنان بود که توانست رصدخانه‌ای عظیم و باشکوه و مجهز به ابزار و آلات کامل مورد نیاز را بناکند. در میان پژوهشگرانی که در این رصدخانه کار می‌کردد ریاضیدانان و منجمان مشهوری را می‌توان نام برد که در ریاضی و نجوم دارای اهمیت

۱. نام کامل الغ‌بیک چنین بود: میرزا محمد ترکی الغ بیگ بن شاهرخ بن تیمور گورگانی. مراجعه شود به گزارشی از زندگی او نوشته «بارتولد» در کتاب «چهار بررسی بر تاریخ آسیای مرکزی»، چاپ لیدن، ۱۹۵۸، جلد دوم، صفحات ۱۸۳ - ۱۱۹.
طغرای یا تورکای محمد الغ‌بیگ بتیانگذار این رصدخانه یکی از چهره‌های تابناک تاریخ علوم نجوم است، نوه زادهٔ امیر تیمور است و در سال ۷۹۶ هـ ق. در سلطانیهٔ زنجان متولد شد. در روزگار کودکی در سفرهای جنگی پدر بزرگش، تیمور، شرکت جست و بخش بزرگی از قلمرو او را گشت. در ده سالگی زن گرفت و در ۱۸ سالگی به فرمانروایی ترکستان و ماوراءالنهر رسید و تا ۲۰ سالگی در کار تحقیق و پژوهش بود. از طرف دیگر در کار ساختن بناهای بزرگ و باشکوه، مسجدها، کاخها، و حمامها دست داشت. پیشامد آشوبها و جنگهای خونین نتوانست او را از پیمودن راهی که در پیش داشت، باز دارد. حافظه‌ای شگفت‌انگیز و کنجکاوی پایان ناپذیری داشت و استادانی چون غیاث‌الدین جمشیدبن مسعود بن‌محمود کاشانی، علی بن‌محمد علاء الدین قوشچی، عصمت بخارایی، صلاح‌الدین موسی بن‌محمد قاضی‌زاده رومی و از مصاحبانی چون معین‌الدین کاشانی، نجم‌الدین کمال بدخشی، جلال‌الدین نقایس، رستم خودیانی، و طاهر ابیوردی برخوردار بود.
۲. بر طبق گفتهٔ «بارتولد» در کتاب «چهار بررسی بر تاریخ آسیای مرکزی» صفحه ۱۸۰ شهر فرغانه فقط در سال ۱۲۱۴ میلادی به تصرف درآمد.

خاصی بودند، از جمله این نوابغ غیاث‌الدین جمشید کاشانی و قاضی‌زاده رومی[1] و علاءالدین قوشچی بودند، که کارهای نجومی و ریاضی جالب و بیشماری را از خود به جای گذارده‌اند که اکنون نام آنها در سطح علوم جهانی معروف و مشهور است.

کار مهم این رصدخانه همانند رصدخانهٔ مراغه عبارت بود از مطالعات دربارهٔ خورشید، ماه، سیارات، ثوابت، صورفلکی، و یکایک سیارات و حرکت و انحراف و میل انها به یکدیگر، که منجر به تهیه و تدوین جدولی نجومی و اختر شناسی و همچنین محاسبهٔ طول سال و سایر مسائل نجومی شد که زیج گورگانی نامیده شد[2]. مهمترین کار اساسی مطالعات رصدخانهٔ الغ‌بیک این بود: در این کتاب مشخصات نجومی ۱۰۱۸ ستاره به قدرهای مختلف نوشته و آورده شده و سیستمهای گوناگون تاریخ شماری «کرونولوژی» و مسائل مثلثات کروی و مباحث نجومی فرضیهٔ حرکت خورشید و سیاره‌ها، فرضیهٔ خسوف وکسوف، و سایر مطالب دیگر نجومی در مقدمهٔ مفصلی آورده شده است. این کتاب جدول که دارای جدولهای جغرافیایی است و در رصدخانهٔ سمرقند تدوین و تألیف شده است تا ۴۵۰ سال اساس کار و کتاب کلاسیک اختر شناسان اروپایی بود. این کتاب در اواسط قرن هفدهم، در سال ۱۶۶۵ میلادی در لندن و اکسفورد چاپ و منتشر شد. با چاپ و انتشار این کتاب اختر شناسان اروپائی ناچار شدند جدولهای ستاره شناسی خود را تصحیح کنند. متعاقب آن اهمیت رصدخانهٔ سمرقند و زیج الغ‌بیک بارها و به دفعات چاپ و منتشر شد، در نتیجه نام و نحوهٔ کار و آوازه و فعالیتهای رصدخانه در شرق و غرب شهرت یافت.

بعد از مرگ الغ‌بیگ این رصدخانه ویران شد و محل مکان آن مدت مدیدی ناشناخته باقی ماند. در سال ۱۹۰۸ وقتی که واسیلی و یاتکین (۱۹۳۲ - ۱۸۶۹ م.) باستان شناس سمرقندی

۱. برای تحقیق در زندگی غیاث‌الدین جمشید کاشانی رجوع شود به مقدمهٔ کتاب «کندی»، چاپ دانشگاه پرینستون، ۱۹۶۰، به نام The Planetary Equatorium. در مورد قاضی‌زاده رومی و غیاث‌الدین می‌توان به کتاب صائبلی که به نام (رصدخانه‌های اسلام) در سال ۱۹۶۰ در آنکارا چاپ کرده است مراجعه نمود. سومین دانشمندی که در این باره کارهای جالبی انجام داده علاءالدین علی ابن محمد قوشچی است. به نظر می‌رسد قاضی‌زاده ریاست و سرپرستی ریاضیدانان «مدرسه» را به عهده داشته و ساختن رصدخانه و انواع ابزار آلات را غیاث‌الدین در سال ۱۴۲۰ میلادی (۸۲۳ ه) آغاز کرده باشد. هنگامی که ساختمان «مدرسه» به اتمام رسید، الغ‌بیک ۲۶ ساله بود. وقتی که غیاث‌الدین در سال ۱۴۲۹ میلادی (۸۳۲ ه) وفات یافت به نظر می‌رسد مسئولیت رصدخانه را برای مدتی به عهده گرفت، ولی به خاطر شورسین بودن او مشکلاتی در مسائل کارهای تجربی و عملی به وجود آمد. وقتی که قاضی‌زاده وفات یافت طرح رصدخانه را ملاعلی قوشچی کامل کرد. اولین حاصل این زحمات کتاب «زیج گورگانی» است که در سال ۱۴۳۷ (۸۴۱ ه) منتشر شده است. الغ‌بیگ در سال ۱۴۴۹ در سن ۵۵ سالگی کشته شد.

۲. سدیلو زیج گورگانی را همراه با مقدمه‌هایش به فرانسه ترجمه کرده است. این کتاب دو جلد است که جلد اول آن که نسخهٔ فارسی است چاپ و منتشر شده است. این کتاب شامل جدولها و کانولوگ ستارگانیست که به همت Knobel منتشر شده‌اند. رجوع شود به کاتالوگ الغ‌بیگ در ستارگان، چاپ انستیتو کارنگی، واشنگتن، ۱۹۱۷.

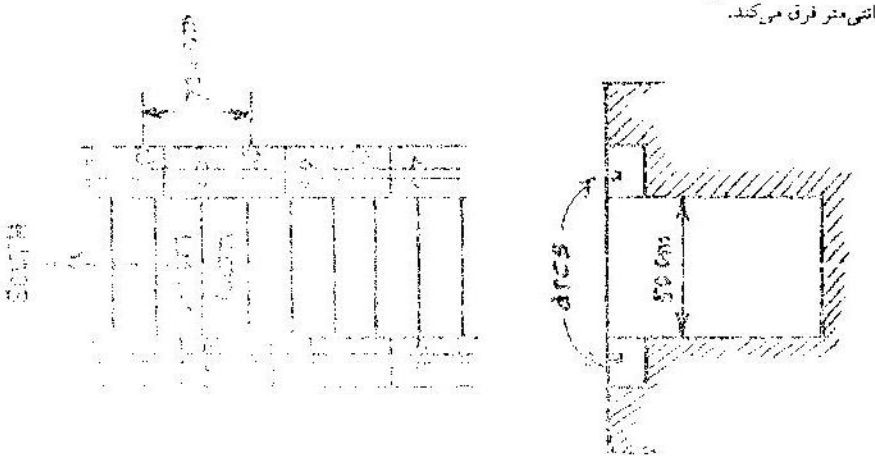
اطلاعاتی از طریق مطالعهٔ اسناد تاریخی دربارهٔ رصدخانهٔ سمرقند به دست آورد به تجسس و اکتشاف پرداخت. تپه‌ای که شامل بقایای خرابه‌های رصدخانه بود، در جاده‌ای به تاشکند و در منطقه‌ای حدود ۵ کیلو متری میدان ریگستان سمرقند کشف کرد. این کشف به شروع مطالعات باستان شناسی این بنای تاریخی منجر شد و رصدخانه را از زیر آوار و خاکها و خرابه‌هایی که آنرا پوشانده بود بیرون آورد[1]. عجیبترین نکتهٔ قابل توجه در مورد رصدخانهٔ الغ‌بیک قسمت زیرین بنا و ساختمان است که از صدمهٔ خرابیهای وارده محفوظ مانده است. این قسمت شامل یک دستگاه زاویه یاب نصف‌النهاری عمود پیکری است که در شکاف عمیقی در دل تخته سنگی واقع شده است. در آنجا دو کانال موازی از زاویه‌یاب با آجرهایی که با

۱. برای مطالعهٔ گزارشهای اولیه از حفاریها به کتاب K. Graf Die Ersten Aus , Grabungen Der Ulughbek. Sitzvarte In Samarkand Sirius 53 , (1920) 169 - 73. مراجعه شود.

گراف می‌گوید: «رصدخانه در سال ۱۹۰۷ کشف شده که در سال ۱۹۰۸ رجوع شود به گزارشهای روسی منتشر شده مدرسهٔ نجومی الغ‌بیک، چاپ مسکو وانینگراد، ۱۹۵۰، طبع جدید تاشکند، تألیف Achmedov رصد خانه الغ‌بیگ در تحقیقات آن، مسکو، ۱۹۵۳، (به زبان روسی).

۲. حفاریهایی هم در سه مدرک در ابعاد و مقیاس کوچک و بزرگ و هنوز ادامه دارد. شامل سوابق و اطلاعات بیشتری در مورد رصدخانه به دست نیاید، زیرا سطح حفاری هم اکنون به خاک پکر و دست نخورده و مشخصی رسیده است. در سال ۱۹۷۰ تمام ساختمان تجدید بنا شده است.

۳. نقشهٔ ساده‌ای می‌تواند موقعیت محل را به خوبی روشن کند. روی سه پله دارای کانال سنگی است. فاصلهٔ بین کانالها از ۵۰ تا ۵۱ سانتی‌متر فرق می‌کند. کانال شرقی هنوز هم کاملاً عمودی و مستقیم است. ولی کانال غربی حدود ۲ سانتی‌متر از خط راست به طرف غرب منحرف شده است. این کانال سنگی در حفاری اولیه به همین صورت دیده، احتمالاً این انحراف در اثر زلزله پیدا شده است. اگر مقدار ۷۰/۱ سانتی متر را برای هر فاصله در نظر بگیریم شعاع هر یک از کانالها ۲۰۰ متر خواهد بود. این جدولها و شیارها در تمام عرض دستگاه از ۲۶ تا ۳۰ میلی متر متغیرند. است. شکافها و شیارهای از سنگ مرمر آبی خاکستری انتخاب شده‌اند که سطح رویهٔ انها کاملاً صیقلی است. ولی سه پایین انتهای زیر و خمیده شده‌اند. طول سنگها از ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر فرق می‌کند.



شکل ۵. پلان زیر ساختمان رصدخانه الغ‌بیگ

لوحه‌ها و قطعات مرمرین پوشیده شده تشکیل شده است. فاصلهٔ مابین کانالها تقریباً ۵۱ سانتی‌متر است. در امتداد طول باریکه‌ها و تراشه‌های مرمر که سطح زیرین آن به شکل استوانهٔ مدوری به شعاع ۴۰/۲۱ متری صیقل داده شده، شیارهایی به پهنای ۲۶ میلی‌متر و به عمق ۱۵ میلی‌متر برش داده شده است. شیارهای متقاطع در فواصل ۷۰/۲ سانتی‌متری یکدیگر را قطع می‌کنند و مانند درجه‌ای از یک قوس زاویه‌یاب است. بدیهی است، برای جابه‌جا کردن و کار گذاشتن لوازم و دستگاهی برای ردیابی ستارگان و خورشید و رصد و نشان کردن یک جرم آسمانی، این ابزار و وسیله به طریق کشویی روی شکاف کانال حرکت می‌کرده است. درجات روی سنگها یا حروف عربی نشانه‌گذاری شده‌اند. در حال حاضر هر شخصی به آسانی در می‌یابد که سنگها دارای درجاتی از ۵۸ تا ۸۰ درجه در جهت جنوب به شمال‌اند. در قسمت بالای (شمالی) زاویه‌یاب که سنگها دارای شماره‌های ۱۹، ۲۰، ۲۱، درجه هستند، عدد سنگی ۱۹ درجه ما را به استنباط این حدس بر می‌انگیزد که کانال کشویی که دارای شکاف است با زاویه‌ای مناسب با محل ساخته شده است. شکل ضمیمه در این کتاب (کتاب شگلف) درجات را به ترتیب تعیین محل، از سنگهای مرمر از شمال تا جنوب، نشان می‌دهد. (متاسفانه این شکل در جزوهٔ شگلف چاپ نشده است).

از دستگاه زاویه‌یابی که برای مشاهدهٔ ارتفاع خورشید استفاده می‌شده این نظریه به وجود آمده که مطالعات و مشاهدات وضع ماه و سیارات وضع ماه و سیارات با همین دستگاه با روش متشابهی انجام شده است به هر صورت نوع درجه‌بندی شدهٔ زاویه‌یاب نشان می‌دهد که مشاهدات اجرام آسمانی در مدار حدود ۳۰° ± درجه و تا قرائت ماکزیمم و می‌نیمم مسیر بوده است.[1]

در ۱۹۱۴ «شگلف» مختصات جغرافیایی رصدخانه و آزیموت ستارهٔ نجومی (ازیموت[2] = دایرهٔ قایمی که از مرکز جسم عبور می‌کند یا سمت زاویهٔ قوس افقی در جهت

۱. از آنچه که باقی‌مانده می‌توان حدس زد که زاویه‌یاب با تیمسازهایش در سطح استوای آسمانی ساخته شده‌بوده که با ادامه و حرکت آن از هر طرف و به میزان کمی بالاتر از ۳۰ درجه عملی‌ترین روش بهره‌برداری میسر می‌شده است.

۲. طبق نظریهٔ E. B. Knobel عرض جغرافیایی رصدخانه با انو ... و به طور دقیق ۳۹ درجه و ۳۸ دقیقه و ۵۰ ثانیه اندازه گرفته شده است. این رقم به عدد الغ‌بیک نزدیکتر است تا محاسبه‌ای که شگلف انجام داده است. این طریقهٔ محاسبه دقیق در مجلهٔ ستاره شناسی «اتحاد جماهیر شوروی سابق» شمارهٔ ۳۰ سال ۱۹۵۳ صفحهٔ ۸ ـ ۲۲۲ آورده شده است، ضمناً اطلس «تایمز» (لندن ۱۹۵۹)، عرض جغرافیایی شهر سمرقند را ۳۹ درجه و ۴۰ دقیقه ذکر کرده است. پروفسور برودین از دانشگاه پیروت محاسباتی بر پایهٔ مختصات جغرافیایی از نزدیک رصدخانهٔ تا شکند به عمل آورده است. او می‌گوید، اگر فاصلهٔ بین تاشکند و سمرقند دقیقاً اندازه گرفته شود، نتیجه‌ای به این صورت به دست خواهد آمد:

ث ۱۳ ـ دق ۲۸ ـ س ۰۴ ، λ ۰۳ ، ۲۶° ۳۹ = φ

←

گردش عقربه ساعت قرار دارد) زاویه‌یاب را تعیین کرد و دریافت که مرکز رصدخانه برابر است با:

عرض جغرافیایی { ۶ و ′۴۰ ـ °۳۹ درجه براساس محاسبات امروزی
یا ′۳۷ ـ °۳۹ طبق جدول الغ‌بیک

طول جغرافیایی مرکز نقطهٔ مذکور { دق ۲۸/۱ ـ س ۴ ـ طول جغرافیایی شرقی رصدخانهٔ گرینویچ
دق ۳۷ ـ س ۶ ـ طبق جدول الغ‌بیگ

اختلاف در عرض جغرافیایی (3.′6°) شاید به علّت خطاهای رصد با چشم غیر مسلح و تأثیرات انکسار جوی است که در عصر الغ‌بیگ به حساب نمی‌آمده و به آن توجه نمی‌شده است. دربارهٔ تعیین طول جغرافیایی که چگونه آن را در آن زمان محاسبه کرده و به دست می‌آورده‌اند هنوز قاطعانه و مستدل پاسخ داده نشده است. آزیموت نجومی از محور زاویه‌یاب در رصدخانهٔ سمرقند برای کارهای رصد دقیق (آ = صفردرجه ده دقیقه و ۴ دهم) حساب شده است. برای نگهداری و حفاظت دستگاه زاویه‌یاب از خرابی و صدمات احتمالی در روزهای اولیهٔ اکتشاف پوششی از آجر روی آن بنا شد تا بعداً از آن استفاده شود.

به استثنای دستگاه زاویه‌یاب که «سُدْس» یا «سکستان» نام دارد، در کنار ساختمان اصلی رصدخانه خرابه‌ها و آثار خوب حفاظت شدهٔ دیوار (مدوّری) در خارج از ساختمان دیده می‌شود که شعاعی به اندازهٔ ۲۳/۸ متر و ارتفاع ۳۰ متر از کف زمین دارد. اخیراً دیواری در امداد طول این خرابه به ارتفاع ۲/۵ متر باز سازی شده که به عنوان حصار و دیواری از این بنای کم نظیر حفاظت می‌کند. برای جداسازی قسمتها قدیمی، بازسازی جدید قسمت باستانی

← اختلافی که در محاسبهٔ طول جغرافیایی شگلف ذکر شده بدین ترتیب قابل توضیح است که بنا به توضیح الغ‌بیک در مقدمهٔ یکی از جدولهایش طول جغرافیایی نسبت به مکانی به نام آزورس (به جای گرینویچ) اندازه گرفته شده است که طبق کتاب اطلس تایمز مقدار طول جغرافیایی «آزورس» برابر با ۲۸ درجه و صفر دقیقه است، در نتیجه مقدار به دست آمده به همت الغ‌بیک نسبت به گرینویچ برابر با ۴ ساعت و ۴۵ دقیقه خواهد بود که فقط ۱۷ دقیقه اختلاف خواهد داشت.

۲ : درزمان قدیم آزیموت با سمت زاویهٔ سطوح عمودی مابین ناظها مستقیماً از مشاهدات خورشیدی و دستگاهی که در ساختمانی به نام «دایره‌هندی» است محاسبه می‌شده است. اگر مقدار دقیق طول جغرافیایی معلوم باشد حرکات و جابه جایی خورشید قابل محاسبه است، اما متاسفانه این قبیل اندازه‌گیریها دیگر به راحتی صورت نمی‌گیرد، زیرا قسمت باقی‌ماندهٔ آلات زاویه‌یاب نادانسته با سقفی پوشیده شده است. پروفسور برودین اضافه می‌کند: «من مدت زمان انتقال نور خورشید را از پنجره‌ای که در بالای این اسباب در جنوب قرار دارد اندازه گرفتم و با شاقولی دریافتم که پنجره حدود ۱۰ متری شرق سطح نصف‌النهار مابین ناظها قرار دارد. روز چهارشنبه بیستم سپتامبر سال ۱۹۶۷ با ساعتم که با علامت زمان را رادیویی منکو میزان شده بود مشاهده کردم که انحراف روزنه در «صفر ساعت و ۲۳ دقیقه و ۳۱ ثانیه» وقت محلی سمرقند است که در حقیقت با خطایی کمتر از ۵ ـ ثانیه حساب شده و با استفاده از جدول (افه مریز) سال ۱۹۶۷ محاسبهٔ میانگین انحراف ناظها تسمیت به نصف‌النهار ساده بود. نتیجه‌ای که به دست آمد با مقدار «چرکوف» تا ۱۰+ مطابقت کرد. اگر چه انحراف ۱۰ دقیقه به سمت غرب دقت خوبی را نمی‌رساند، لکن در سال ۱۷۰۲ «بیانکینی» از روزنه‌ای که ۲۰ متر بالاتر از سطح زمین ساخته شده بود استفاده کرد و خط نصف‌النهار را محاسبه کرد که کمتر از ۳ دقیقه به سمت شرق منحرف شده بود.

قطعه سنگهای نازکی از ساختمان بنای جدید جدا شده است. در زمین رصدخانه و در قسمت شمال ساختمان زاویه‌یاب، آرامگاه «ویاتکین» باستان شناس قرار گرفته است. او در بازسازی و مطالعهٔ موقعیت رصدخانه عامل و کاشف واقعی و آغازگر[1] حفاریها و خاکبرداریها بود. برای ارزش به فعالیتهای علمی و فرهنگی الغ‌بیگ نام این مرد دانشمند روی برخی از آثار تاریخی سمرقند گذاشته شده است. نخست مدرسهٔ بزرگ الغ‌بیگ[2] است که بین سالهای ۱۴۲۰ - ۱۴۱۷ میلادی در میدان ریگستان ساخته شده است در این مدرسه تنها به تحصیل موضوعات مذهبی نمی‌پرداختند، بلکه علوم نجوم و ریاضیات عالی را هم در آنجا تدریس می‌کردند. روی دیوار اتاقهای این مکان نقشه‌هایی از تصاویر مختلف موضوعات نجومی و صورتهای فلکی وجود داشته است.

دومین ساختمان جالب توجه، مقبرهٔ گورمیر است. این همان محلی است که بازدیدکننده در میان مقابر و فرمانروایان و حکمرانان و مردان مهم تیمور و ایل تیموریان مقبرهٔ الغ‌بیگ را می‌یابد. ساختمان این آرامگاه بزرگ، مربوط به قرن پانزدهم میلادی است. مقبرهٔ الغ‌بیگ در زیر زمین جنوبی است که به یک اتاق مرکزی که دارای پلکان است منتهی می‌شود[3].

مقبرهٔ الغ‌بیگ در سال ۱۹۴۱ میلادی به همت یک هیئت اعزامی به ریاست پروفسور «کاری نیازف» کشف شد و در همان محل اسکلت و جسد الغ‌بیگ به‌دست آمد. خوشبختانه اسکلت از فساد و گسیختگی زمان محفوظ مانده جسد در یک تابوت سنگی که از سنگ مرمر یکپارچه ساخته شده بود قرار داشت جمجمهٔ سر الغ‌بیگ از تن جدا بود. روی تابوت مذکور با قطعه سنگ مرمری پوشانده شده بود. بر سنگ مرمر مذکور به زبان تاجیکی جمله‌ای حک کرده بود که شامل تاریخ تولد و مرگ الغ‌بیگ بود. اسکلت سر الغ‌بیگ اثر ضربهٔ سخت و فاجعه‌آمیزی را نشان

۱. پروفسور بروین عقیده دارد که قبر یک باستان شناس نباید در مکان حفاریهایش قرار گیرد. چه ممکن است باز هم زیر مقبرهٔ او طبقاتی از باقی ماندهٔ آثار باستانی باشد که عملیات حفاری را متوقف می‌کند.

۲. مدرسهٔ الغ‌بیک در حال حاضر به حالت اول بازسازی می‌شود. در مقابل آن در اطراف دیگر میدان، مدرسهٔ «شیردار» قبل از مدرسهٔ الغ‌بیک ساخته شده بود که دوباره شبیه طرح زمان قدیمی‌اش ساخته می‌شود. هر روی آنها پس از اتمام طرح یک مسجد بنا شده‌اند، در پشت نمای سر در خارجی مربع شکل بزرگ در پهلوی مناره‌ها ردیفی از ستونهای دیوان با ۳ ردیف خوابگاه و اتاقک جداگانه‌ای تشکیل شده است که هر کدام به عنوان اتاق مطالعه و محلهای زندگی هر مکان برای دو محصل در نظر گرفته شده بود.

۳. در اتاق فوقانی و روی قبر تیمور، سنگ قبری بود که از پشم (سبز پسته‌ای) ساخته شده بود و در نوع خود بزرگترین سنگ قبری بوده که وجود داشته است. بعد از فتح شهر سمرقند به دست بابرشاه پادشاه هند این سنگ جزء غنایم بوده، امّا در میان راه پس از بازدید دقیق سنگ مرمر مذکور و خواندن کلمات لعن و نفرینی که بر خراب کننده و بردارندهٔ سنگ، روی آن، نقر شده بود، بابرشاه بیمناک شد و دستور داد سنگ را از نیمه راه به محل اولیه‌اش برگردانند. متاسفانه طی حمل و نقل سنگ شکست و چند قطعه شد

می‌داد، چون استخوان مهرهٔ گردنش با سلاح برنده و تیزی شکافته و جدا شده‌بود. آنچه که طبق سوابق و دانسته‌های تاریخی مربوط به قتل الغ‌بیگ به‌دست آمده این است که این جنایت تاریخی به دستور پسرش عبداللطیف و به همت آدمکشان و قاتلان مزدور و اجیر شده صورت گرفته‌است.

مطالعهٔ دامنه‌دار و دقیق پروفسور گراسیموف انسان‌شناس و مجسمه‌ساز معروف شوروی که روی جمجمه الغ‌بیگ انجام گرفته توانسته صورت او را بازسازی کند[1].

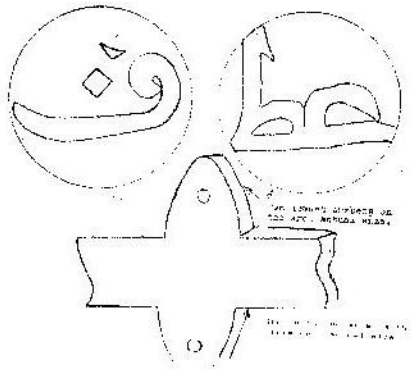
از مجموعه مقابر موجود در محل شاه زند که از برجسته‌ترین آثار معماری اسلامی در سمرقند است مقبرهٔ قاضی زادهٔ رومی ستاره‌شناس معاصر و هم صحبت و دوست الغ‌بیگ است که او هم در آن محل مدفون است[2].

۱. بازسازی صورت الغ‌بیک از روی اندازه‌های جمجمه‌اش مثال و نمونهٔ روشنی از قدرت هنر تجسمهای علمی است که بدان Extra poltation می‌گویند. به استثنای این تحقیق جالب علمی، دو تصویر خیالی دیگر از الغ‌بیک موجود است که اولی پرتره‌ای است در دیباچهٔ کتاب Prodomus Astronomia که یوهانس هولیوس نوشته است. در کتاب Gedani که در سال ۱۹۶۰ منتشر شده، هولیوس دانشمند ستاره شناسی را با دو ستاره‌شناس بزرگ دیگر بطلمیوس و هیپارک به حالت نشسته دور یک میز نقاشی و چاپ کرده است. دومی پرتره‌ای در یک نسخه خطی کتاب فارسی به نام «سلسله نامهٔ» است که در موزهٔ مردم شناسی آنکارا نگهداری می‌شود. این طرح حدود ۵۰ سال قبل از کتاب هولیوس و حدود دو قرن بعد از الغ‌بیک نقاشی شده است.

این تصویر در پایان کتاب «صائبلی» که آن را به نام «رصدخانه در اسلام» نوشته است چاپ شده است. بالاخره طرحی که مستقیماً از خود الغ‌بیک کشیده شده وجود دارد که در گالری هنری FREER در واشنگتن نگهداری می‌شود. این تصویر در کتاب جدید الانتشار «صورالکواکب» عبدالرحمن صوفی رازی آورده شده که تصور می‌رود صحیحترین صورت الغ‌بیک باشد که اگر با دیگر چهره‌های الغ‌بیک مقایسه شود، مشابهتی در آنها دیده نمی‌شود.

علاقهٔ دانشمندان به تکمیل و جمع‌آوری اطلاعات پراکنده دربارهٔ علم نجوم و مخصوصاً زنده کردن نام این بزرگان یکی از کارهای علمی بسیار ارزنده‌ای است که علاقه‌مندان زیادی دارد و می‌توان موزه‌ای در این باره ساخت و مجسمه‌های هیپارک، بطلیموس، بیرونی، ابن سینا، و غیره را بسیار زیبا در آنجا نهاد (مترجم این کتاب دکتر سرفراز غزنی سالهاست که در پی زنده کردن این آرزو است و از سال ۱۳۶۱ دفتری به نام «مرکز بررسی تحقیقات دانشمندان ایران» در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی به وجود آورده و تاکنون تابلوی زندگی ۵۰ نفر از دانشمندان را برای موزهٔ علوم و دانشگاه تهیه کرده و در نمایشگاههای مختلف آنها را به نمایش گذاشته است. تابلوهای نقاشی «خواجه نصیرالدین و هلاکو» و تابلو «الغ‌بیک» از این نمونه است ص).

۲. چگلف عکسهایی از قسمت باقی‌ماندهٔ گوشه‌ای از ساختمان از جمله در ورودی جدید و قسمتی از گنبد و تاق سرپوشیدهٔ رصدخانهٔ الغ‌بیک و مقبرهٔ او را در آرامگاه بزرگ «گورمیر» و همچنین عکسی از مجسمهٔ نیم تنهٔ الغ‌بیک و قسمتی از مجموعه «شاه زند» را در کتابش آورده است.



شکل ۱۵ کشیدن ربع جداری و چند حرف بر کاشی رصدخانه

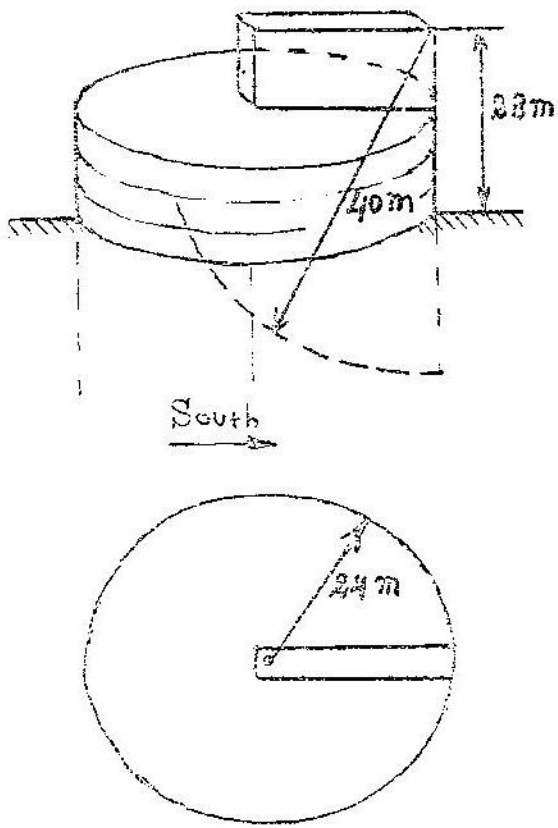
شکل ۵۲. الغ‌بیک در رصدخانهٔ سمرقند و بازدیدکنندگان اروپائی
طرح خیالی از دکتر غزنی نقاشی از نادر لنجانی

رصدخانه سمرقند و ارتباط آن با رصدخانهٔ مراغه

از آنجایی که مشخصات روشنی از ساختمان رصدخانهٔ سمرقند در اختیار نداریم و بقایا و آثار کمی از آن به جای مانده است، امکان ندارد دقیقاً معلوم شود ساختمان رصدخانه و ذات السدس آن چگونه بوده است. آنچه که از حفاریها می‌توان حدس زد این است که ساختمانی دایره مانند بوده که اتاقها و ساختمانهایی را در بر می‌گرفته است. برج اصلی ذات‌السدس بوده متاسفانه مشخصات چنین ساختمانی در نوشته‌ها و کتابهای مربوطه تشریح و توصیف نشده است. به نظر می‌رسد قسمتهایی بعدها به تدریج بر ساختمان اصلی اضافه شده باشد. ساختمان زیبای دایره‌ای که همانند برج و بارو است در حقیقت محافظ خوبی برای نگهداری و حراست رصدخانهٔ اصلی و ابزارهای آن از دستبرد و تهاجم مهاجمان و همچنین نشانهٔ عشق و علاقهٔ الغ بیک به داشتن ساختمانهای جالب و شاهانه بوده است. تحقیقات دانشمندان روسیه نشان می‌دهد که وجود ساختمانی برج مانند محرز و قطعی است، به خصوص «بابرشاه» دربارهٔ رصدخانه گفته که «ساختمانی سه طبقه بوده» که این نظریه را تأیید می‌کند؛ هر چند این معنی را نمی‌رساند که سقف برج هم به بلندی سقف اتاقها و در ۲۸ متری سطح زمین بوده و تا بالای سقف امتداد داشته باشد (شکل ۵۳). بنابراین تا کشف آثار و نوشته‌ای دربارهٔ ساختمان از دانستن جزئیات ساختمان بی‌اطلاع خواهیم بود. این بازسازی که فعلاً انجام شده شکل در و پنجره‌ها ارائه شده است مورد تأیید نیست. در موزهٔ کوچکی که در کنار رصدخانه به وجود آمده یک نقاشی رنگی است که جزئیات ساختمان رصدخانه را نشان می‌دهد. این نقاشی بر اساس طرح «کاری نیازف» است که برای تزئین نیمکره‌ای را بر سقف مجسم کرده است از نقطه نظر مطالعات نجومی، این نیمکره هیچ مفهومی و معنایی ندارد.

به‌نظر می‌رسد که ساختمان «ذات‌السدس» دو نیمساز داشته که بر صفحهٔ خط استوا و تاسی درجه امتداد از هر دو طرف قرار داشته است که نوعی از «سُدس فخری» بود. امّا بودن روزنه‌های و دریچه مخروطی در سقف که از آن ذکری شده است با تشریح در نسخه‌های خطی نباید در تناقض باشد.

شاخص و علامت مشخصهٔ «سُدس فخری» ابعاد عظیم آن است که ارصاد به وسیلهٔ سوراخی در محفظهٔ تاریکی صورت می‌گرفته است. وقتی شخص علاقه‌مند و محققی آنچه را که غیاث‌الدین دربارهٔ آن گفته و در بخش ۳، منابع اولیه می‌خواند، در می‌یابد که ربع کره‌ای



شکل ۵۳. ارتفاع و شعاع ساختمان و شعاع رُبع جداری

که از دیوار ساخته شده با «دستگاه سُدس فخری» اشتباه گرفته شده است و چون رصدخانهٔ سمرقند براساس طرح اولیهٔ رصدخانهٔ مراغه ساخته شده هیچ دلیلی در دست نیست که دستگاهی همانند «سدس فخری» در مراغه وجود داشته است، همان طوری که حتی غیاث‌الدین هم به آن اشاره کرده است.

شارح و مفسری به نام نظامی نیشابوری در حدود سال ۱۳۰۰ میلادی می‌زیسته و بر کتاب «ناصرالدین» شرحی نوشته و اظهار می‌دارد که «تا زمان او دستگاه سدس فخری به وسیله شخصی دیگر به استثنای «خضر خنجدی» ساخته نشده است (ص ۱۹۹، کتاب رصد در اسلام، سائیلی).

آنچه که به نظر قطعی و مسلم می‌رسد این است که که یک ربع جداری در رصدخانهٔ مراغه بوده که دارای پلکانی بوده است و همانند آن هنوز در رصدخانهٔ اوجین هندوستان وجود دارد. که شبیه یک سکوی پلکانی است و خوانندهٔ کتاب غیاث‌الدین در می‌یابد که چرا او نام این ربع جداری «سکوی هندسی» گذاشته و انتقاداتی در ساختمان آن داشته است.

بنابراین به نظر می‌رسد که الغبیک به ساختن نوع دیگری از ربع جداری اقدام کرده باشد، به ترتیب ساختن این دستگاه از نوشته‌های اصلی خجندی و بیرونی بوده (نه از رصدخانهٔ مراغه).

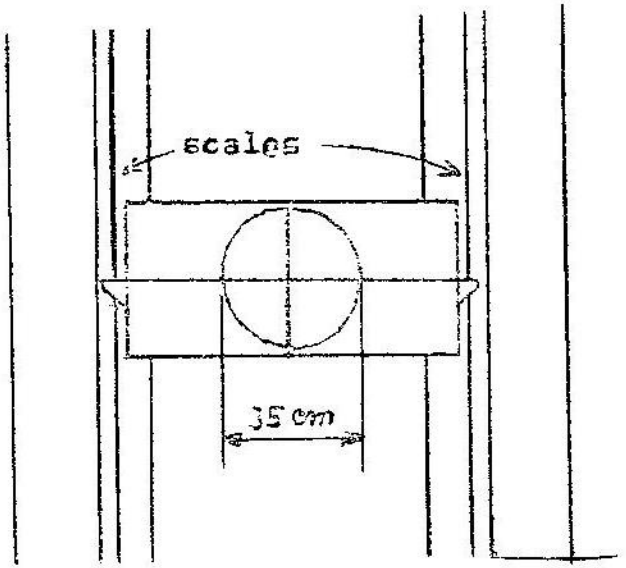
ربع جداری سمرقند براساس ابعاد شرح خجندی بوده و به احتمال از دو قوس به جای یک قوس استفاده می‌شده که هر دو دارای روزنه‌ای بوده‌اند، در حالیکه رصدخانهٔ «جی سینگ» و «جی پور» هر کدام دارای دو اتاق و دو روزنهٔ تابش بوده‌اند که به آن شاس تامسایانترا[1] می‌گفتند. که به صورت دوشاخص افقابی بکار می‌رفته‌اند.

اتاقها و سقفها گچ‌اندود بود و شعاعی به اندازهٔ ۸/۵ متر داشته‌اند. چهار دستگاه دیگر در این فضای علمی وجود داشته که کاربرد آنها روشن نیست.

در مطالعات و مشاهداتی که در مورد وجود روزنه‌ها چه به همت خودم و چه همسرم[2] انجام گرفته به این نتیجه رسیدیم که در بالای روزنه از مقوایی استفاده می‌شد که روی آن دایره‌ای برابر با تصویر خورشید با رسم دو قطر عمود بر هم دیده می‌شده که شبیه دایره زنگی

1. Shasthamsa yantra

۲. منظور همسر پروفسور پروین است.



شکل ۵۴. مشخصاتی از ربع جداری

بوده است که در رصدخانهٔ سدس فخری مورد استفاده بوده و در سمرقند هم از آن هم استفاده می‌کرده‌اند روی ربع جداری به احتمال دو عقربه یا نشانگر بوده که روی سطوح مدرج حرکت می‌کردند، به طوری که ارتفاع خورشید را از میان دو شعاع نور تابیده شد، به دست می‌آورده‌اند. این تحقیقات به طور یقین و صد در صد تأیید نمی‌شود. حدس زده می‌شود شاید دو روزنه و تاقها برای تعیین ارتفاع اجرام فلکی و انحراف خسوف و کسوف و رصد ستارگان ثوابت بوده باشد، اگر چه در عمل حقیقتاً کاری بس سنگین و طاقت فرسا بوده است.

هر ناظری که از محل بازدید کند می‌تواند حدس بزند که قوسهای مدرج باید برای رصد ستارگان باشد. درجه‌های تعیین شده روی قوسها از پایین قوس شروع نمی‌شوند و از ۸۰ تا حدود ۲۰ درجه بودند و نقطهٔ اعتدالینی را نزدیک ۵۰ درجه تعیین کرده بودند.

دو اثر روی شیارها وجود دارد که نشان دهندهٔ امتداد ستارهٔ معروف وگا (نسر واقع) و دیگری برای رأس‌التوامان شرقی» و «رأس‌التوامان غربی» صورت فلکی دو پیکر هستند و امتداد ستارهٔ «شعرای یمانی» و «فم الحوت» اند.

دربارهٔ کتابها و نشریات قابل توجه و مستند دربارهٔ رصدخانهٔ الغ‌بیک و جدولهای او و کارهایی که انجام داده می‌توان از این منابع استفاده کرد.

منابع و مأخذ فصل سوم

۱. آ. صائیلی، رصد در اسلام[1]
انتشارات انجمن تاریخی ترکیه، سری هفتم، شمارهٔ ۳۸، آنکارا، ۱۹۶۰.
۲. ت. ن. کاری نیازف، مدرسهٔ نجومی الغ‌بیک
آکادمی هایک[2]، ازبکستان، تاشکند، ۱۹۶۷ (نشر نخست ۱۹۵۰) که به زمان روسی است.
۳. ای . اس. کندی[3]، نامه‌ای از جمشید کاشانی به پدرش،
اوریانتالیا ۲۹، (۱۹۶۰)، ص ۲۱۳ - ۱۹۱.
۴. ل، پ، ی، آ، سدیلوت.[4]
۵. ی، ب، نوبل[5] کاتالوگ الغ‌بیک از ستارگان
۶. ر، بیکر[6] گزارشی از رصدخانهٔ «ابراهیم» در بنارس

1. A. Sayili, The Observatory in Islam, Publications of the Turkish Historical Society, Series 7, no. 38 Ankara, 1960.
2. T.N. Karii-Niazov, The Astronomical School of Ulugh Beg, Academy HAYK, Uzbekskoy CCP, Tashkent 1967 (first ed. 1950) (in Russian).
3. E.S. Kennedy, A Letter of Jamshid al-Kashi to his Father, Orientalia 29, (1960)191-213
4. L. P. E. A. Sedillot, Prolegomenes des Tables Astrmoniques d' Oulough Beg, Firmin Didot Freres, Paris 1847, 1853 , 2 vlms.
5. E. B. Knobel , Ulugh Beg's Catalog ue of Stars, Carnegie Institution, Washington, 1917.
6. R. Baker, An account of the Brahim's Observatory at Beenaris, Phil. Transactions of the Roy. Soc. of London 67 (1777) 598 606.

۷. کا، جی، آر[1] بازدید و مشاهدات نجومی از رصدخانهٔ جی سینگ

آنچه در اینجا باید اضافه کرد این است که امکان شرح جزئیات ابزار آلات رصدخانهٔ سمرقند نیاز به کتاب دیگری دارد و اطلاعات پراکنده‌ای در این مورد در دسترس است که می‌توان از منابع و اطلاعات زیر استفاده کرد.

H. J. Seemann, Die Instruments der Sternwarte zu Maragheh nach Mitteilungen von AL-'Urdi, Sitzungsber. Phys. Med. Soz. Erlangen 60 (1928), 126.

Abdul-Mun'im al-Amili-i Fotuni,treatise on the Construction of Instruments (used in Alexandria, Maraghch and Samarkand) Isfahan 1562 AD, Manuscript Pers. Add. 7702, British Museum.

E. S. Kennedy, Al-Kashi's Treatise on Astronomical Observational Instruments, Journal of Near Eastern Studies 20 (1961), 98-108

S. Tekeli, Taqi al-Din's Treatise on Astronomieal Instruments, Review of the Institute of Islamic Studies, Vol. 3, pts 2-4 Istanbul University, 1960.

1. Kaye, G, R, The Astronomical Observatories of Jai Singh Arch. Soc. of India, New Imperial Series 40, Calcutta 1918, PP. 77-85 and plates.

برای آنکه اطلاعات کاملی از همهٔ این مطالعات به خوانندهٔ علاقه‌مند داده شود و مقایسه‌ای بین ابزار آلات دو رصدخانهٔ مهم آن زمان داشته باشیم،جدول مقایسه‌ای در صفحه ۱۳۵ آورده شده است. باید اضافه کرد که ابزارهای شمارهٔ ۱۱ و ۱۴ را مؤالدین عُرضی ابداع کرده و در هیچ جا از نوشته‌ها و کارهایش به «سدس فخری» اشاره نکرده است.

از نامهٔ غیاث‌الدین کاشانی به پدرش معلوم می‌شود که دستگاههای ۱ و ۲ و ۴ و ۷ و ۱۰ در رصدخانه سمرقند وجود داشته است.

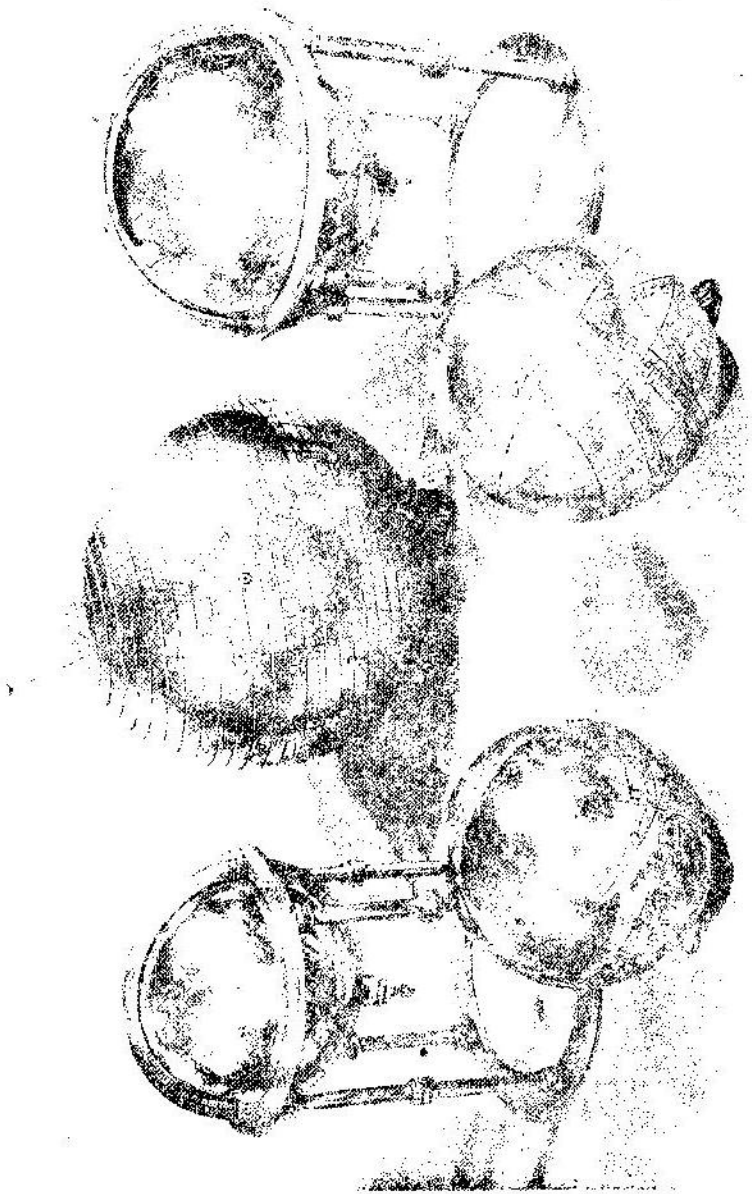
اطلاعاتی از رصدخانهٔ «جی‌سینگ» نشان می‌دهد که دارای ابزار و آلات ۶، ۸، ۹، و ۱۴ بوده است.

این جدول نشان می‌دهد که رصدخانهٔ مراغه یکی از کاملترین رصدخانه‌های عصر خود و رصدخانه‌های دیگر بوده است.

دربارهٔ آلات رصد و ابزار آلاتی که در اتاقها و کارگاهها بود. می‌توان از گزارش مردی به نام «عبدالرزاق مورخ سمرقندی» که معاصر الغ‌بیک بوده استفاده کرد. این گزارش نسخه‌ای خطی به شمارهٔ ۱۵۷ دانشگاه پطروگراد است که شخصی به نام «محمد شفیع» آن را در سال ۱۹۴۱ چاپ و سپس در سال ۱۹۴۹ در لاهور تجدید چاپ کرده است. «بارتولد» با مراجعه به این جزوه چنین می‌نویسد: «عبدالرزاق گزارشی کرده که اسبابهای بسیار زیبایی در دید بازدید کنندگان وجود داشته که حدود ۱۰ کرهٔ سماوی (شکل ۵۵) بادرجه‌ها و دقایق و ثانیه‌ها و حتی اعتبار درجات و دوایر متقاطع و مشخصات هفت سیاره و ستارگان ثابت و یک کرهٔ بزرگ جهان‌نما با تقسیمات جغرافیایی و علایمی از آب و هوا و کوهها و دریاها و صحاری و غیره روی آنها نقش بسته بوده است.

این گزارش نشان می‌دهد که همهٔ این ابزار آلات برای رؤیت بازدیدکنندگان بوده تا مورد توجه و استفاده، آنها قرار گیرد.

نویسنده از کمکهای آقای عدیل عبدالحسین که خیلی از رساله‌های را از زبان عربی ترجمه کرده و توضیح داده‌اند تشکر می‌کند.



شکل ۵۵. انواع کره‌های سماوی در رصدخانه‌ها ساختهٔ دانشمندان اسلامی

شرح کرات[1]

کره برنجی شماره ۱۸۶، ساختهٔ عبدالرحمان بن برهان موصلی که بجای ستارگان به صورت نقطهٔ نقره‌ای روی آن کار گذاشته شده و تحت نظر غیاث‌الدین المنصور برای حجرهٔ «سلطان الملک الکامل الغ بیک» ساخته شده است.

کرهٔ شمارهٔ ۱۸۴، ساختهٔ دست یک هنرمند ایرانی از برنج بدون نام، متعلق به قرن دهم هجری که نام ۴۷ ستاره با نقاط نقره‌ای روی آن حک شده است.

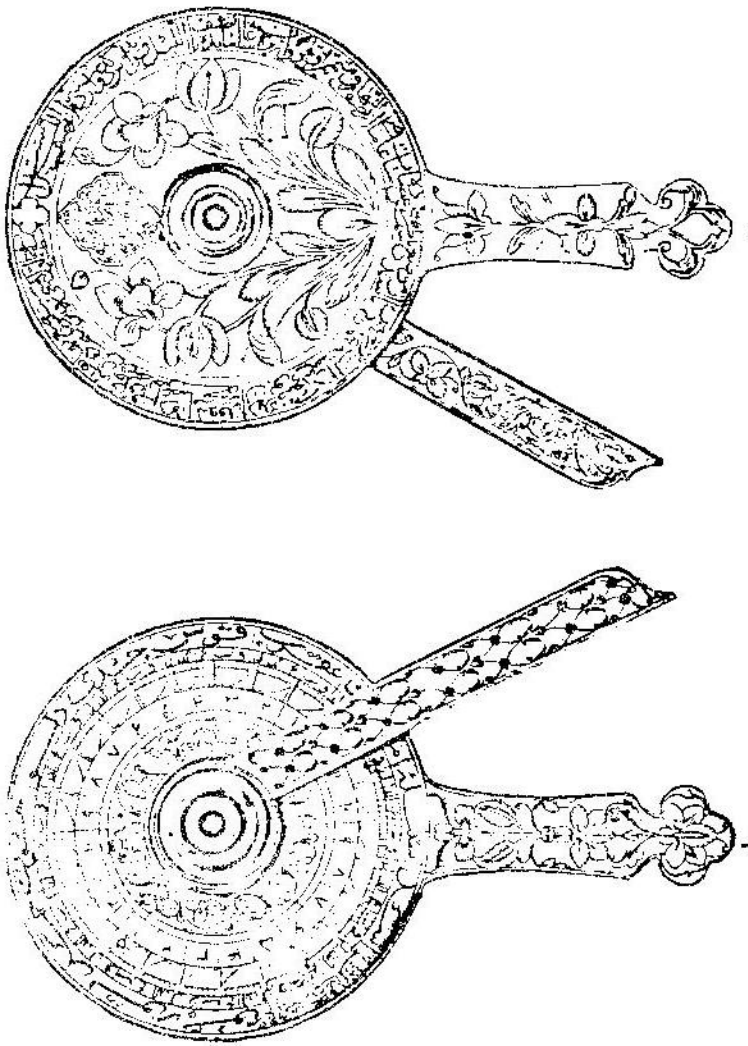
کرهٔ ۱۸۳، با نام ۲۰ ستاره که بجای ستارگان به صورت دایره‌های کوچک نقره‌ای روی آن کار گذاشته شده است بدون نام و تاریخ دارای خطوط منطقة البروج با درجه‌بندی. کرهٔ ۱۸۴، نام ۲۰ ستاره روی آن حک شده، ستارگان به صورت نقاط نقره‌ای روی بدنهٔ برنجی کار گذاشته شده‌اند. دارای مدارات و نصف‌النهارات و خط استوا است که به دو نیمکره تقسیم شده است.

کرهٔ ۱۸۵، کرهٔ سماوی ساختهٔ ایران که از برنج ساخته شده و متعلق به حدود قرن ۱۱ است.

کرهٔ ۱۸۶ کرهٔ سماوی ایرانی که در حدود سالهای ۱۰۲۸ ه. ق. ساخته شده و فاقد نام سازنده است.

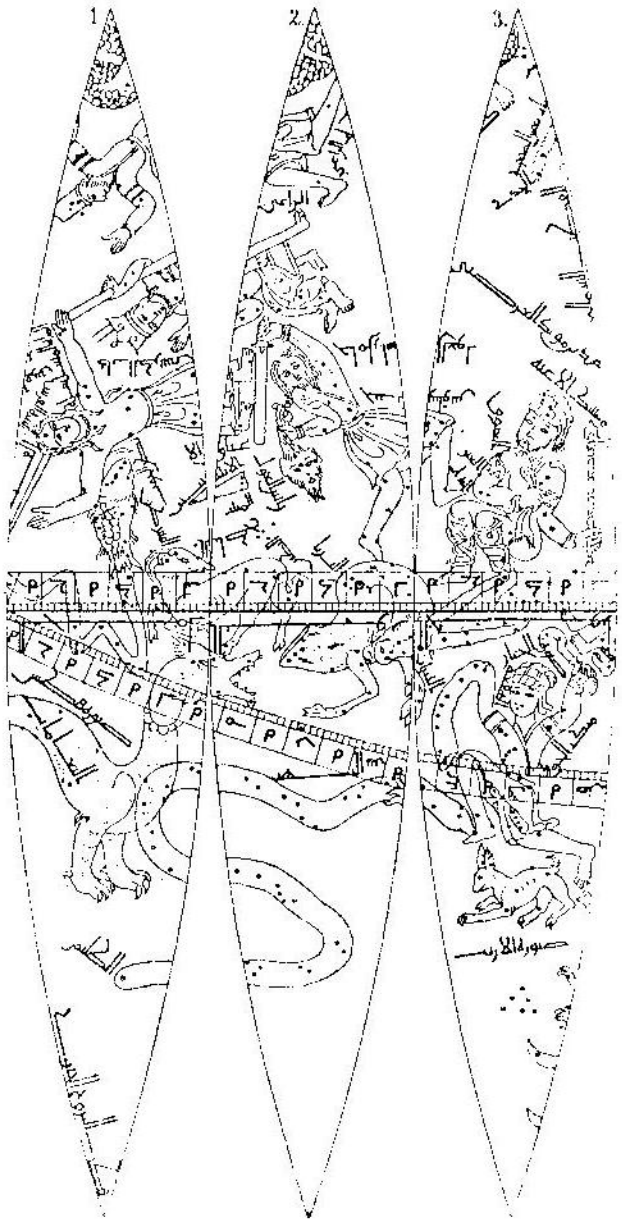
کلیهٔ این کره‌های سماوی ارزنده که به دست ایرانیان ساخته شده اکنون در گالری «شادنات[1]» در موزهٔ علوم لندن به نمایش گذاشته شده‌اند.

۱. این کرات سماوی که ساختهٔ دست [illegible] در گالری شمارهٔ ۲۲ [illegible] Oxford, 1957.



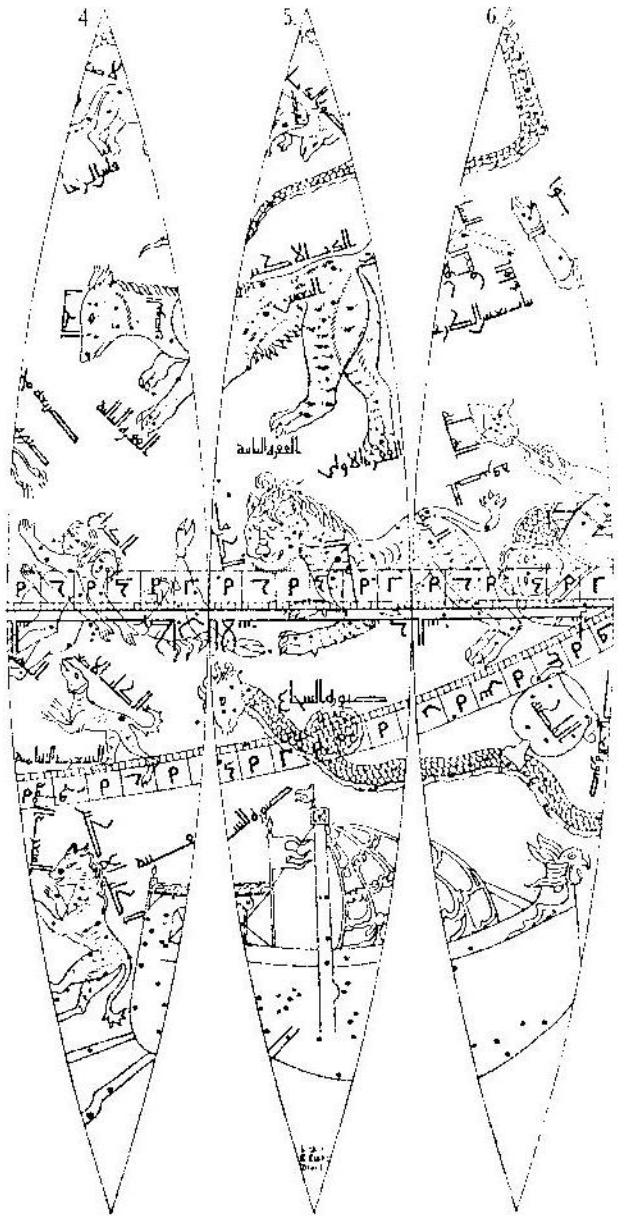
شکل ۵۶. دستگاه ستاره‌یاب شبانه، کار محمدبن علی

238. Nocturnal, by Muḥammad b. ʿAlī, eighteenth century



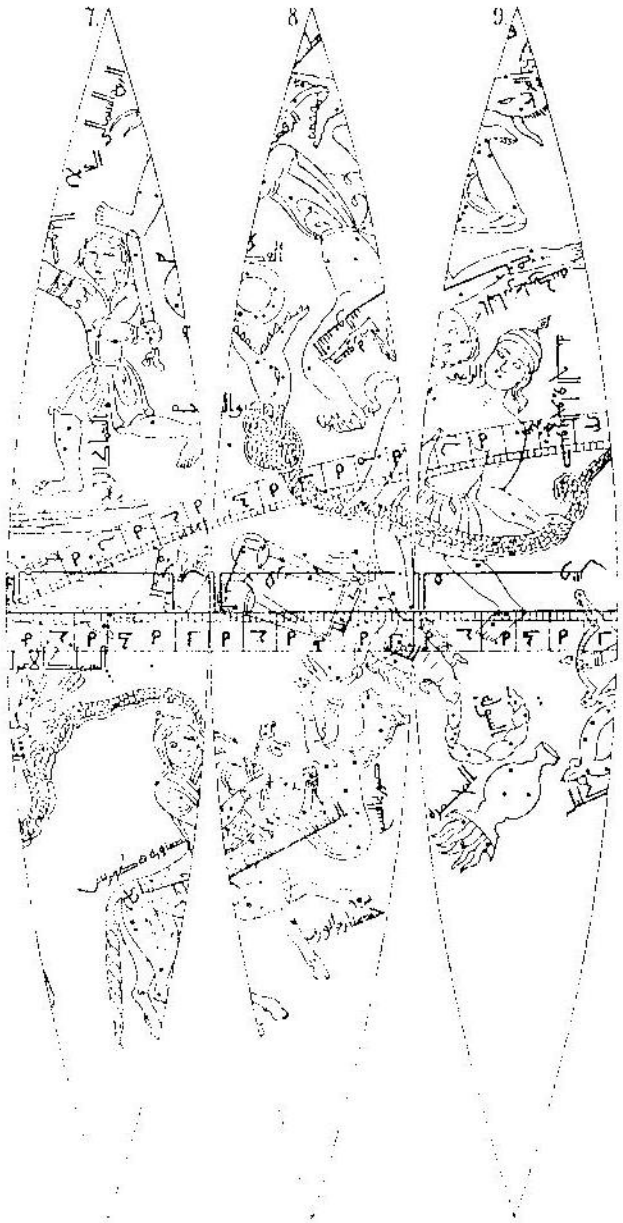
شکل ۵۷. سه قاچ از کرهٔ سماوی قسمت اول

Taf. II

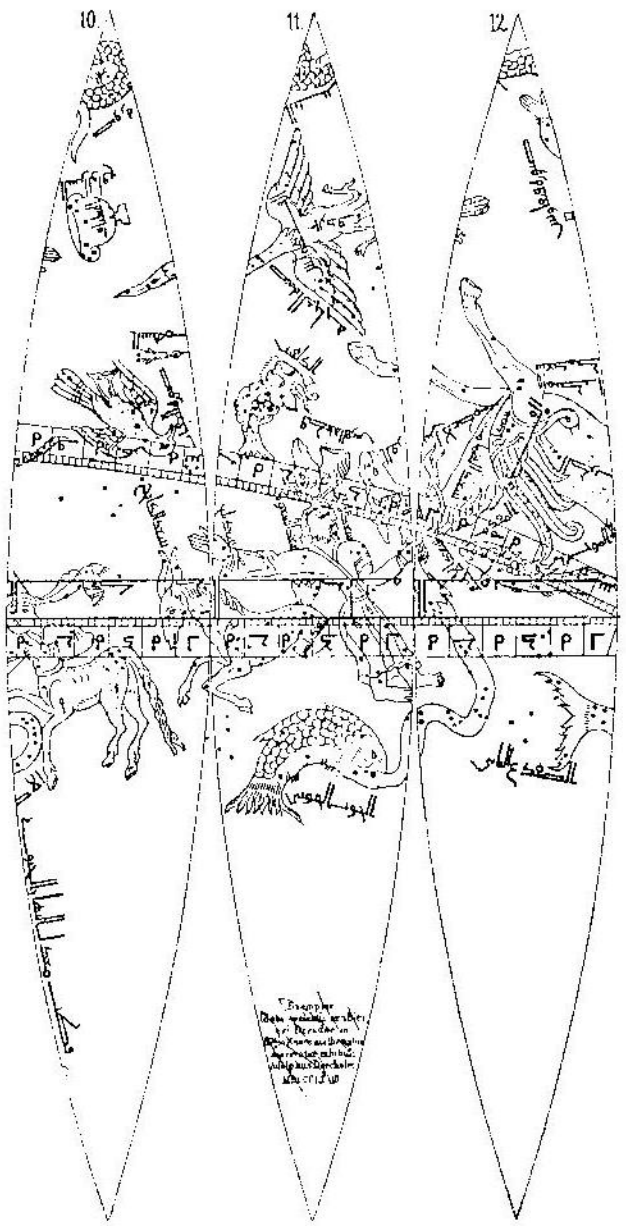


شکل ۵۸. سه قاچ از کرهٔ سماوی قسمت دوم

Taf. III.

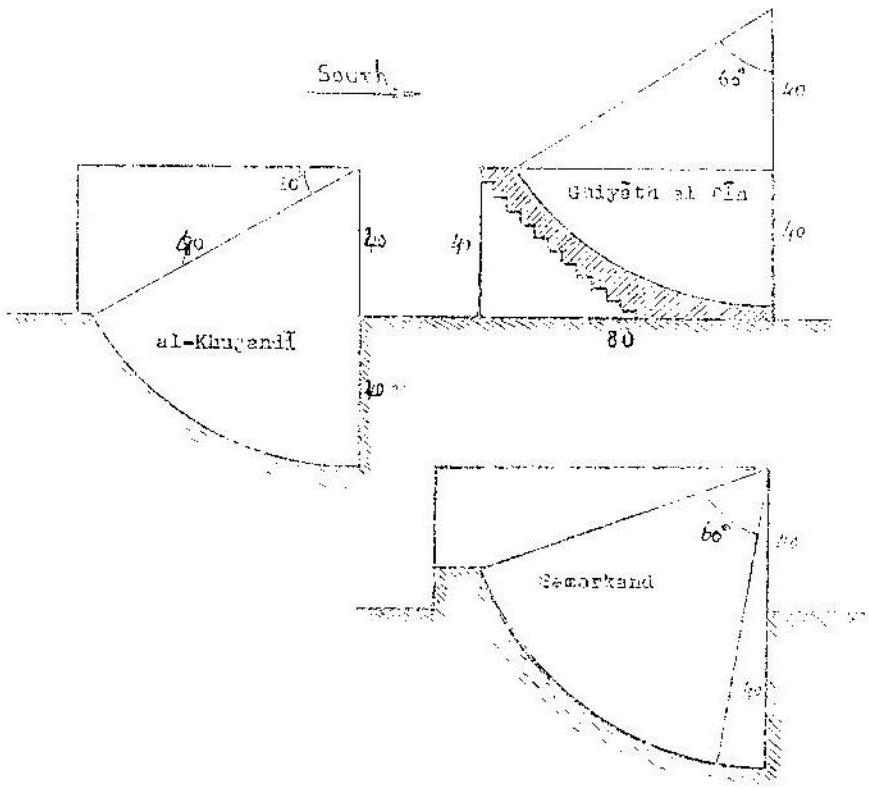


شکل ۵۹. سه قاچ از کرهٔ سماوی قسمت سوم



شکل ۶۰. سه قاچ از کرهٔ سماوی قسمت چهارم

شکل ۶۱. تصویر کنده‌کاری شده قرن هفدهم، الغ‌بیک در میان دانشمندان دیگر دیده‌می‌شود، نفر سوم از سمت چپ.



شکل ۶۲. مقایسهٔ سه نوع ربع جداری رصدخانه‌های خجندی و سمرقند و غیاث‌الدین جمشید

فصل چهارم[1]

بخش یک ـ اجزا و ادوات اسطرلاب

اسطرلاب مسطح تام که کاملترین نوع اسطرلابهاست از اجزا و ادوات بسیاری تشکیل شده است. شکل ۶۳ اسطراب از هم باز شده‌ای است که عبارت است از:

۱. سنجاق که آن را قطب «وتر محور» می‌نامند[2]. نام لاتینی آن کلاوس[3] است که یک سر آن دکمه‌دار(بن قطب) است و انتهای سر دیگر آن شکافی دارد که آن را قطب می‌نامند که در مرکز دایره اسطرلاب جاگرفته و در حقیقت به جای مرکز و «سمت‌الرأس ناظر» یا راصد اسطرلاب است (شکل ۶۳ شمارهٔ ۱).

۲. «عضاده»[4] بازو و خط کشی است که روی قطب می‌نشیند و در حول مرکز می‌چرخد (شمارهٔ ۲) و دارای زایده‌ای است که آن را «لبنه» می‌نامند (طول بعضی عضاده‌ها به ۱۲ قسمت تقسیم می‌شود که آن را خطوط «ساعات معوج» می‌خوانند و در بعضی اسطرلابها نیمی از طول عضاده را به ۶ قسمت تقسیم می‌کنند و خط اول را «ساعت اول و دوازدهم» و خط دوم را «ساعت دوم و یازدهم» و خط سوم را ساعت «سوم و دهم» و به این ترتیب خط ششم و هفتم می‌نامند.

قسمت دوم عضاده را هم به ۶۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کنند. اولین بار ابوالوفا بوزجانی

۱. این فصل تا پایان کتاب به متن اصلی کتاب فرانس بروین اضافه شده است و از نوشته‌های مترجم این کتاب است.

2. Pin
3. Clavus
4. Alidade

واحد عدد مثلثاتی را برای سهولت محاسبهٔ ۱۰۰ انتخاب کرد و آن را به جای ۶۰ به کار برد. بعد از این تاریخ شعاع دایرهٔ مثلثاتی «یک» انتخاب شد.

رویهم دو نوع عضاده موجود است: مجیّب و مسطحه.

۳. «لبنه»[1] زایده‌ای است بر طرفین عضاده که نام دیگر آن هدفه است و هر دو زایده را «هدفتان» یا «دفتان» گویند. دفتان یعنی جلد کتاب یا دو طرف زین اسب، همچنین به معنی نشانه‌ای که بر آن تیر می‌زنند نیز آمده است (شمارهٔ ۳ شکل ۶۳).

۴. مری عضاده[2] یا «ثُقبه» سوراخی بر «لبنه» که برای نگریستن است. از این سوراخها عمل «قراول‌روی» انجام می‌گیرد. آفتاب، ماه، ستارگان یا هر جسمی که می‌خواهند رصد کنند، از میان این دو سوراخ به آن نگاه می‌کنند (شمارهٔ ۴ شکل ۶۳).

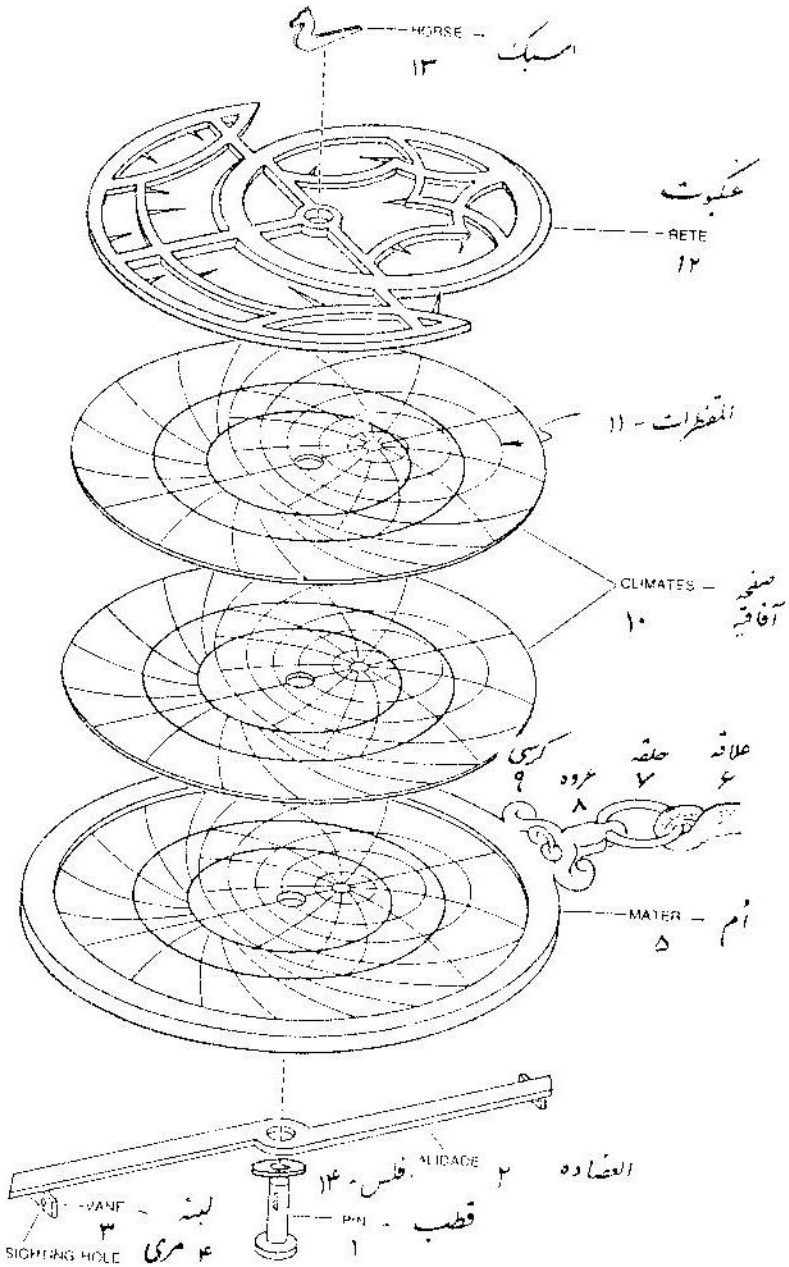
۵. صفحهٔ مادر (ام) که به لاتینی هم به آن «ماتر»[3] می‌گویند، صفحهٔ اصلی اسطرلاب است که از طریق سوراخی که در وسط آن است روی «عضاده» گذاشته می‌شود و روی سنجاقک قطب قرار می‌گیرد. صفحهٔ مادر (ام) یا «حجره» بزرگترین قسمت اسطرلاب و شامل دو قسمت «ظهر» یا پشت، «وجهه» یا رویه (شمارهٔ ۵ شکل ۶۳) است قسمت ام یا «حجره» یا رویهٔ اسطرلاب دیده می‌شود. قسمت فوقانی صفحهٔ اسطرلاب از اجزای زیر تشکیل شده است:

الف ـ «علاقه»[4] نخ ابریشم تابیده‌ای است که به صورت ریسمان به حلقه وصل شده و برای به دست گرفتن اسطرلاب به کار می‌رود و شبیه منگوله و آویزهای ریسمان تسبیح است. شکل ۶۵ نقاشی مینیاتور جالبی از یک کتاب خط نفیس است که در این نقاشی خواجه نصیرالدین طوسی علاقه اسطرلاب را به دست گرفته و مشغول رصد و محاسبه است.

ب ـ حلقه[5] سیم برنجی مدور جوش خورده و محکمی است که به لاتین آن را آرمیلا روتندا[6] می‌نامند. از یک طرف به علاقه وصل شده از طرف دیگر به «عروه» که دارای سوراخی است (شکل ۶۳ شمارهٔ ۷).

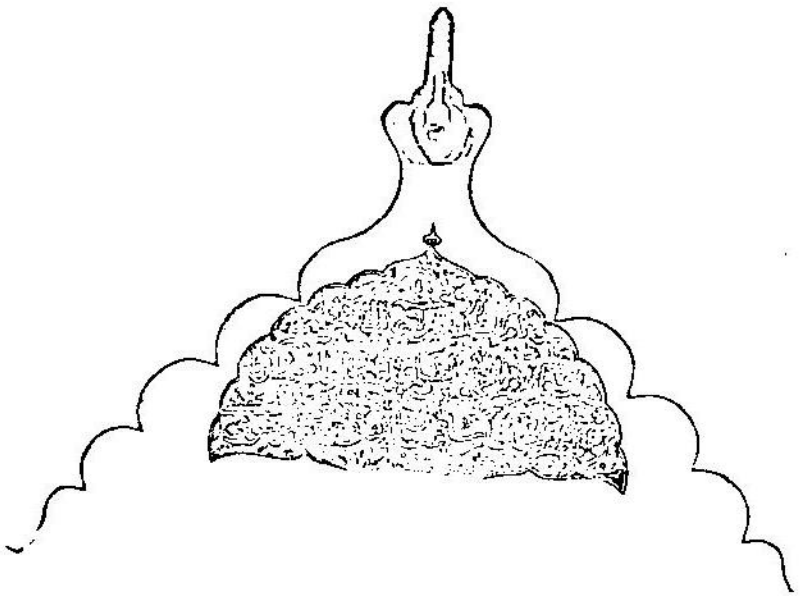
ج ـ عروه[7] زایده‌ای است که دارای سوراخی بالای «کرسی» است و حلقه‌ای در آن یا بر آن می‌افتد و ثابت می‌ماند (شکل ۶۳ شمارهٔ ۸).

1. Vane
2. Sight Hole
3. Mater
4. Holder
5. Ring
6. Armilla Rotunda
7. Armilla Suspensura



شکل ۶۳. اجزای جدا شدهٔ اسطرلاب

شکل ۶۴. خواجه نصیرالدین طوسی در حال کار با اسطرلاب از یک کتاب خطی



شکل ۶۵. کرسی اسطرلاب شاه عباس

د ـ کرسی قسمت فوقانی یک اسطرلاب است که به شکلهای مختلفی با تزیینات گوناگون ساخته می‌شود و اغلب نام و مشخصات حاکم وقت یا پادشاهی که اسطرلاب را برای او ساخته‌اند و یا یک آیهٔ قرآن مجید یا حدیث در روی آن حک می‌کردند. روی کرسی اسطرلاب شاه عباس ثانی که در سال ۱۰۵۷ هـ‌ق. ساخته شده این جملات خوانده می‌شود: «قدامرالسلطان الاعظم الاعدل الافخم مالک‌الرقاب الامم و ناجی‌الناس من‌الظلم والطغیان‌الملک‌الملوک زمان ابوالمظفر سلطان شاه عباس ثانی الصفوی‌الموسوی حسینی بهادر» (شکل ۶۵).

روی کرسی اسطرلابی که آن را محمدمهدی یزدی در سال ۱۰۵۹ هـ ساخته است این آیهٔ قرآن نوشته شده است: «الشمس تجری لمستقرلها ذلک تقدیرالعزیزالعلیم، والقمر قدرناه منازل حتی عادکألعرجون‌القدیم، لاالشمس ینبغی لها ان تدرک‌القمر و لاالیل سابق‌النهار وکلٍ فی‌الفلکٍ یسبحون». روی کرسی اسطرلاب عبدالائمه که در موزهٔ واشنگتن است این جملات حک شده است: «حسب‌الفرمودهٔ بندگان مقرب‌الخاقان عالیجاه معظم‌السلطان محمد جهانگیرخان».

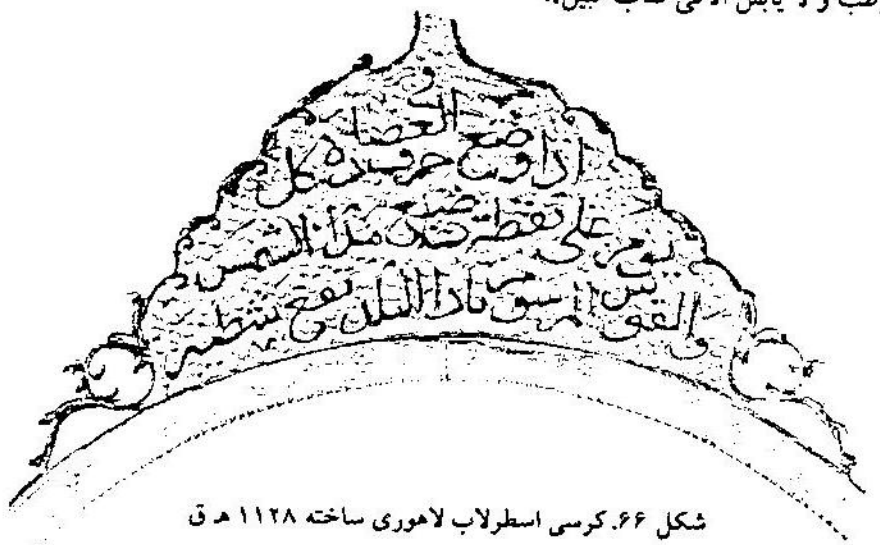
روی کرسی اسطرلاب شاه سلطان حسین که در موزهٔ ایران باستان تهران است چنین نوشته شده است: «هو. به موجب فرمان قضا جریان سلطان سلاطین زمان سید خواقین دوران و پشت و پناه اهل ایمان، ولینعمت عالم و عالمیان مدار سپهر دولت و عدالت طب فلک اعظم عظمت و جلالت، اختر درخشان اوج گیتی ستانی، مهر تابان وسط‌السماء جهانبانی، شاه سلطان حسین صفوی موسوی حسینی، مدالله تعالی ظل و معدلته علی رؤس‌الانام مدّی اللیالی والایام، این اسطرلاب تام صورت انجام یافت، فی شهر رمضان ۱۱۲۶».

اسطرلابی به نام شاه سلطان حسین ساخته شده و در موزهٔ بریتانیاست. قطر این اسطرلاب ۴۰ سانتی‌متر و ۲ میلی‌متر است و در روی کرسی آن عیناً جملات فوق بدون هیچ کم و کاستی نوشته شده فقط تاریخ ساختن آن را (فی شهر شعبان سال ۱۱۲۴) ذکر کرده است (دقت در اصالت این اسطرلاب و اسطرلابی که در تهران است بسیار بسیار قابل تعمق و در خور تحقیق و بررسی است)[1]. در روی کرسی بعضی از اسطرلابها اغلب دیده شده که طریقهٔ کاربرد یکی از اعمال اسطرلاب را هم می‌نویسند.

۱ هر دو اسطرلاب را شخصاً ملاحظه کرده‌ام (س. غ)

در شکل ۶۶ روی کرسی اسطرلابی که در سال ۱۱۲۸ هـ‌ق. به وسیله لاهوری ساخته شده این طور نوشته شده است: «اذا وضع حرف‌العضاده فی کل یوم علی نقطه تقاطع مدارالشمس والقوس‌المرسوم باذاء البلده تفع شطیه» که بقیهٔ این جملات عبارتند از: «العضاده علی ارتفاع معین فاذابلغ الشمس فی جهت الانحراف الی ذلک ارتفاع فهی ساعت للقبله فی ذلک، البلد» که فقط قسمت اول این مطلب در اسطرلاب مذکور به علت کمی جا حک شده است و[1] بقیهٔ آن آورده‌نشده است.

بر کرسی اسطرلاب محمد مقیم یزدی که در سال ۱۰۵۲ هـ‌ق. آن را ساخته و در موزهٔ ایران باستان نگهداری می‌شود این آیهٔ قرآن نوشته شده است: «عنده مفاتیح‌الغیب لا یعلمها الا هو و یعلم ما فی‌البحر و البرما تسقط من ورقه و لایعملها و لاحبه ـ فی‌الظلمات الارض و لارطب و لا یابس الافی کتاب مبین».



شکل ۶۶. کرسی اسطرلاب لاهوری ساخته ۱۱۲۸ هـ ق

توضیح آنکه سازندگان اسطرلاب نوشتن آیه‌ای از قرآن یا حدیث و آنچه راکه در آن کلماتی از قبیل «عجایب‌البروالبحر، نجوم، شمس، قمر، فلک و امثال آنها» باشد نیکو می‌دانستند. همان طوری که در کنارهٔ صفحهٔ عنکوتیه و شبکهٔ اسطرلاب خلیل‌بن حسن محمد علی اصفهانی که در سال ۱۱۰۶ هـ ساخته شده و در موزهٔ ایران باستان است این جملات در

۱. تاکید از س. غ.

لابه‌لای شاخ و برگهای تزییناتی خوانده می‌شود: «نادعلی مظهرالعجایب، تجد هو عوناً لک من نوائب، کل هَمٍ و غَمٍ سینجلی بعظمتک بولایتک یا علی یا علی یا علی».

کرسی بعضی از اسطرلابها به کلی فاقد نوشته‌اند و با تزیینات مختلفی ساخته شده‌اند مانند اسطرلاب احمد و محمودبن‌ابراهیم اصفهانی که در سال ۳۷۴ ه ساخته شده است.

جالبترین اسطرلابها ساخته شده به همت محمدابن‌ابی‌بکر، محمدالرشیدالابری، و احمد و محمود بنوابراهیم اصفهانی است که در ایران بوده‌اند و امروزه در موزهٔ آکسفورد نگهداری می‌شوند. کرسی آنها تزیینی است و چیزی بر آن نوشته نشده است.

۱۰. صفایح[1] یا کلیمت، که از کلمهٔ اقلیم گرفته شده یا برعکس شاید کلمهٔ اقلیم از آن گرفته شده، (شکل ۶۳ شمارهٔ ۱۰) صفحات مدوری هستند که از برنج ساخته شده‌اند و آنها را صفایح یا به لاتینی (تیم پانوم) می‌خوانند. روی این صفحات مدارات، نصف‌النهارات، مدار رأس‌السرطان، مدار رأس‌الجدی، و خط استوا کشیده شده است. محاسبات اصلی نجوم و تعیین طول و عرض شهرها و ساعات و سایر مسائل فلکی و محل ستارگان ثوابت در فصول مختلف سال که در آسمان نمودار می‌شوند از روی این صفحات انجام می‌گیرد و در حقیقت مخزن اطلاعات اولیهٔ اسطرلاب همین صفحات هستند، به همین دلیل تعداد صفحات هر اسطرلاب از یکی بیشتر است و هر چه تعداد آن بیشتر باشد مخزن اسطرلاب دارای اطلاعات بیشتری خواهد بود، چون طول و عرضها احتیاج به ترسیم خطوط بیشتری دارند. از طرف دیگر نباید این خطوط با یکدیگر تداخل کنند، از این لحاظ برای هر ۵ درجه به ۵ درجه یا هر ۱۰ درجه به ۱۰ درجه طول جغرافیایی هر شهری یک صفحه مخصوص مدارات حساب کرده در صفحهٔ «مادر» قرار می‌دهند. تعداد این صفحات و پشت و روی آنها، که هر یک برای مدار شهری که حداقل فاصله‌اش از مدار شهر دیگر ۱۰ درجه است، معمولاً به دو یا سه عدد می‌رسد که با محاسبه‌ای که در کف صفحهٔ «ام» یا «حجره» شده است، تا ۷۰ درجهٔ عرض جغرافیایی را می‌توان رسم و محاسبه کرد (رجوع شود به صفحه ۲۳۵ فصل چهارم مطلب ۷).

۱۱. المقنطرات[2] یا خطوط صفحات آفاقیه (شمارهٔ ۱۱ شکل ۶۳) دوایر و قوسهای غیرمتحدالمرکزی هستند که خط نصف‌النهار و خط مشرق و مغرب را در نقاط مختلفی قطع

1. Climates
2. Almucantars

می‌کنند. نمایندهٔ مدارات و نصف‌النهار کرهٔ زمین هستند و به همین نسبت می‌توان آنها را برای «کرهٔ آسمانی» به کار برد. نصف‌النهارات به مرکزی که «قطب زمین» نام دارد[1] (شمارهٔ ۱، شکل ۶۷) وصل می‌شوند و خطوط مدارات به نام المقنطرات (الموکانتار) از مراکزی رسم می‌شوند که در نقاط خط‌الرأس شمالی قرار گرفته‌اند. طریقهٔ محاسبه و ترسیم صفحات آفاقیه و مقنطرات ـ خطوط مدار رأس‌الجدی و مدار رأس‌السرطان، خط استوا، قطب، عنکبوت، درجات دور صفحه (حجره) و خطوط ساعات معوج و سایر خطوط (پشت ـ ظَهر) ـ اسطرلاب در صفحه ۲۳۵ ـ فصل آورده شده است.

۱۲. صفحهٔ «عنکبوتیه» یا شبکه[2] که به زبان لاتینی آرانیا[3] خوانده می‌شود، دایرهٔ مشبک و مدرجی است که به طریقهٔ خاصی محل ستارگان و ثوابت را نشان می‌دهد. تقسیم‌بندی شده و شامل یک دایرهٔ مدرج کامل است که مرکز آن دارای سوراخی است که بر قطب می‌نشیند (شمارهٔ ۱۲ در شکل ۶۳ شکل ۶۷).

۱۳. «اسبک»[4] یا «فرس» که به لاتینی آن را اکوس[5] می‌نامند (شمارهٔ ۱۳ شکل ۶۳) سراسبی است بدون دم که دم آن به صورت «گُوِه» یا سطحی از هرم ساخته شده که در شکاف میلهٔ سنجاقک قطب قرار می‌گیرد به طوری که از جدا شدن «صفحات» و «عضاده» و «عنکبوتیه» از صفحهٔ اصلی «مادر» جلوگیری می‌کند؛ به این ترتیب که چون اسبک را از قطب بیرون بیاوریم کلیهٔ صفحات اسطرلاب از یکدیگر جدا می‌شوند.

۱۴. مری کواکب است که آن را شظیه[6] هم می‌خوانند و شظایا جمع زوایدی است که بر صفحهٔ عنکبوتیه ساخته شده‌اند. اغلب به صورت شاخ و برگهای تزیینی است و با سلیقهٔ بسیار جالبی روی صفحهٔ عنکبوتیه ساخته می‌شود. این زواید نشان دهندهٔ مکان چهل ستارهٔ قدر اول و دوم و سوم است که هر یک از آنها در صورت فلکی خاصی قرار گرفته‌اند. نام این چهل کوکب در عنکبوتیه ذکر شده است (شکل ۷۱).

شکل ۷۱ اسطرلابی است که در سال ۱۱۲۴ برای شاه سلطان حسین صفوی ساخته شده، نوک تیز هر صفحهٔ عنکبوتیه اغلب به صورت شاخ و برگهای تزیینی است و با سلیقهٔ بسیار جالبی روی صفحهٔ عنکبوتیه ساخته می‌شود. این زواید نشان دهندهٔ مکان چهل ستارهٔ قدر

1. Zenith
2. Rete
3. Aranea
4. Horse
5. Equus
6. Star Pointer

اول و دوم و سوم است که هر یک از آنها در صورت فلکی خاصی قرار گرفته‌اند. نام این چهل کوکب در عنکبوتیه ذکر شده است.

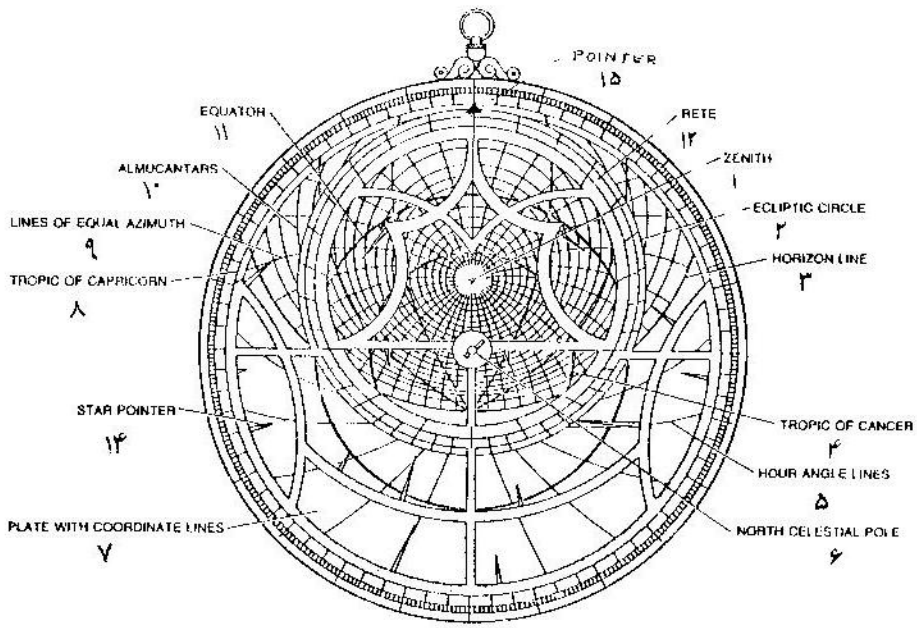


DIAGRAM OF THE FRONT OF AN ASTROLABE

شکل ۶۷. اجزای نامهای خارجی اسطرلاب

۱۵. «مری»[1] زایدهٔ کوچکی است که در ابتدای محل ماه جَدی یا صورت فلکی بزغاله ساخته و جاگذاری شده است.

۱۶. فلس یا «پشیز» یا پولک[2] صفحهٔ برنجی سکه مانندی است که به اندازهٔ قطر سنجاقک قطب است و در وسط آن سوراخی است که روی صفحهٔ عنکبوتیه قرار می‌گیرد، به ترتیبی که

1. Pointer
2. Washer

فضای کافی برای شکاف روی سنجاقک باقی می‌گذارد که «فرس» در شکاف مذکور به خوبی جا بگیرد (شمارهٔ ۱۴ شکل ۶۳).

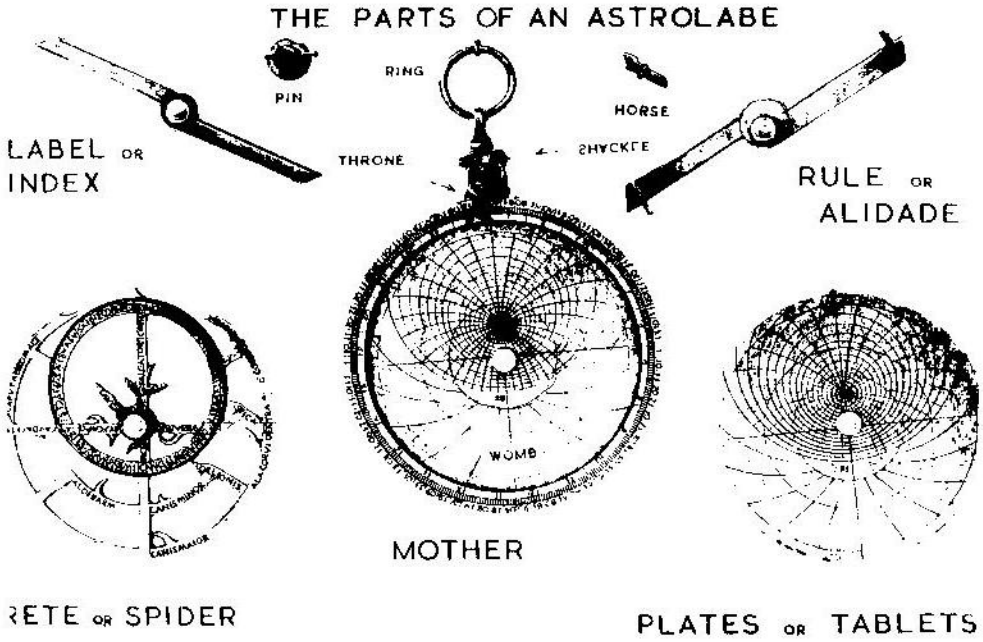
۱۷. مدیرّ یا محرک برآمدگی کوچکی بر صفحهٔ عنکبوتیه است و به وسیلهٔ آن صفحهٔ «شبکه» در داخل «ام» یا «حجره» حرکت می‌کند و فی‌الواقع دستهٔ کوچکی است که صفحات را در داخل حجره می‌چرخاند.

۱۸. ممسکه یا «ماسکه» یا «مسکه» زایده‌ای است که در کنارهٔ صفحهٔ داخلی «ام» در پایین صفحه به طریقی ساخته شده که یکایک صفحاتی که دارای شکاف کوچکی در قسمت تحتانی است در داخل صفحهٔ «ام» جا می‌گیرد و از بیرون آمدن و چرخیدن صفحات آفاقیه که در داخل «ام» هستند جلوگیری می‌کند.

قابل توجه این است که ساختمان یک اسطرلاب از هفت عضو اصلی ساخته شده که وجود یک اسطرلاب و استفاده از آن بستگی به بودن همهٔ آنها در اسطرلاب دارد و هرگاه یکی از آنها نباشد اسطرلاب دستگاه ناقصی خواهد بود که نمی‌توان از آن استفادهٔ کاملی کرد

این هفت عضو اصلی را اسطرلاب شناسان «هفت اقْدام» می‌نامند و عبارتند از: قطب، عضاده، ام، صفحهٔ آفاقیه، عنکبوتیه، فرس، و فلس.

بقیهٔ نامها هم نقوش و خطوطی از اجزای دیگر هفت اقْدام هستند (شکل ۶۸) که در یک اسطرلاب کامل نامگذاری شده‌اند.



شکل ۶۸. اجزای هفتگانهٔ اسطرلاب

عضاده، فرس، فلس، قطب، اُم، صفحهٔ آفاقیه، عنکبوتیه

خطوط و نقوش و تقسیمات داخلی یک اسطرلاب

خطوط و نقوشی که در یک اسطرلاب کامل و قابل استفاده به کار برده می‌شود عبارتند از

الف ـ آنچه که روی اسطرلاب است:

۱. قطب منطقةالبروج[1] که به منزلهٔ قطب زمین است.

۲. دایرهٔ معدل‌النهار[2]

۳. نیمدایرهٔ خط افق[3]

۴. مدار رأس‌السرطان[4]

۵. خطوط ساعات نواحی[5]

۶. قطب شمال معدل النهار[6]

۷. صفحات آفاقیه یا مختصات جغرافیایی[7]

۸. مدار رأس‌الجَدی[8]

۹. خطوط نصف‌النهار[9]

۱۰. المقنطرات که در شکل ۶۳ به شمارهٔ ۱۱ نوشته شده (مدارات تا قطب)[10]

۱۱. خط استوا[11] که آن را مدار رأس‌الحمل یا دایرةالاعتدال هم می‌گویند.

ب: آنچه که بر پشت اسطرلاب است:

شکل ۶۹ پشت اسطرلاب که با ترسیم دو خطوط عمود بر هم صفحهٔ مذکور به ۴ قسمت مساوی تقسیم شده است (خانه‌های اول و دوم و سوم و چهارم).

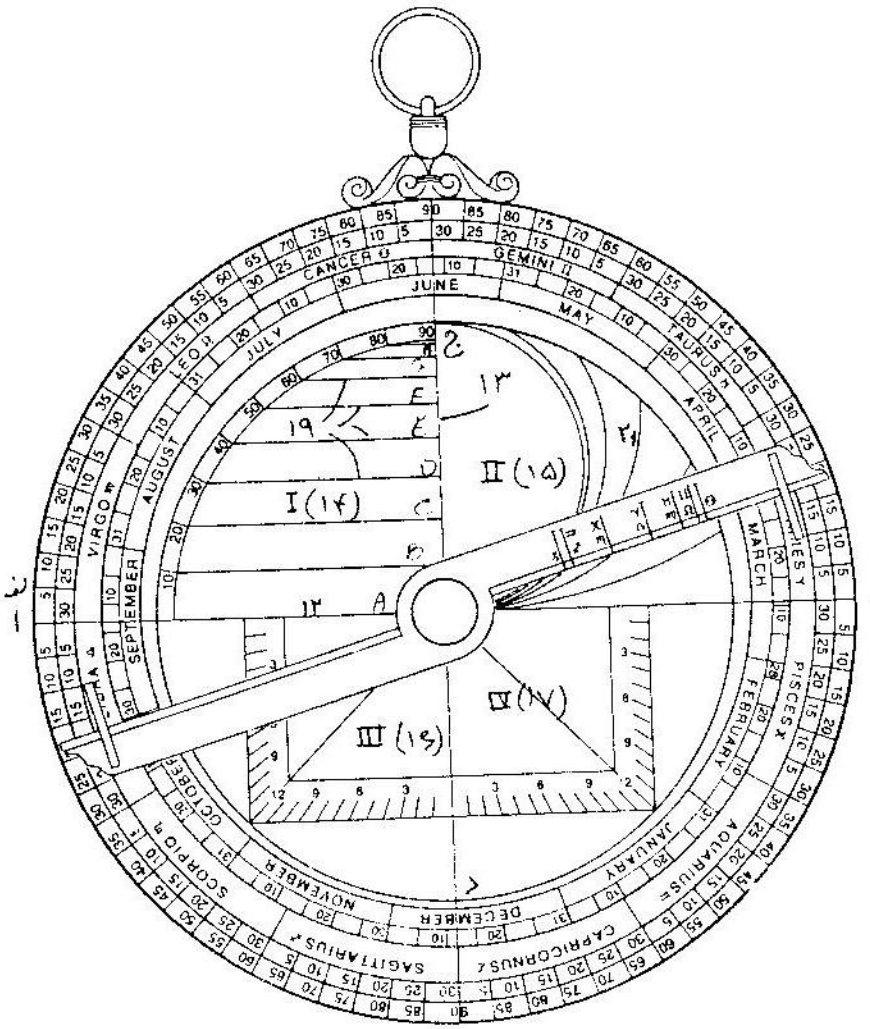
۱۲. خط افقی الف ـ ب (خط مشرق و مغرب).

۱۳. خط عمود بر آن که از زیر «علاقه» وسط «کرسی» کشیده شده (خط ج ـ د) که خط نصف‌النهار یا خط «علاقه» نامیده می‌شود.

۱۴. به هر یک از چهار خانه‌ای که بدین ترتیب به دست می‌آید «ربع» می‌گویند، چون یک چهارم دایرهٔ اسطرلاب است، حال اگر اسطرلاب را روی زمین بخوابانیم و کرسی آن به طرف

---

1. Zenith
2. Ecliptic
3. Horizon line
4. Northern Tropic Cancer
5. Hour Angle Line
6. North Celeetial Pole
7. Plate with Coordinate Line
8. Souther Tropic Capricorn
9. Line of Equal Azimoth
10. Almocantars
11. Equator or Clircle of Equinox



BACK OF THE ASTROLABE carries the alidade and other information necessary

شکل ۶۹. پشت یک اسطرلاب اروپایی

جنوب باشد خانهٔ اول (شمال صفحهٔ دست چپ کمان د ـ الف) ربع شرقی جنوبی یا ربع ارتفاع است.

۱۵. خانهٔ دوم (شمال صفحهٔ دست راست) ربع غربی جنوبی.

۱۶. خانهٔ سوم (ربع جنوبی دست چپ) ربع شرقی شمالی.

۱۷. خانهٔ چهارم (ربع جنوبی دست راست) ربع غربی شمالی.

۱۸. دایرهٔ خارجی ربعهای اول و دوم به ۹۰ درجه تقسیم شده که باکمک «الیداد» عضاده مقدار ارتفاع آفتاب یا ماه یا سایر اجرام فلکی را تعیین می‌کنند. به وسیلهٔ دقت در درجه‌بندی این قسمت از اسطرلاب بوده که در سال خلافت مأمون عباسی (۱۹۸ تا ۲۱۸ ه‍ برابر با ۸۱۳ میلادی) اندازه‌گیری طول قوس از نصف‌النهار به همت علی‌بن عیسی اسطرلابی و علی ابن‌البحتری و سندبن علی انجام گرفت و احمدبن عبدالله معروف به حبش حاسب دانشمند ایرانی (ردیف ۶ فصل دوم) اصلاحیه‌ای بر آن نهاد و همچنین ابوریحان بیرونی برای یافتن اندازهٔ محیط زمین از آن استفاده کرد.

۱۹. خطوط افقی موازی که از هر یک از درجات ۱۰ الی ۹۰ موازی خط مغرب ـ مشرق در ربع اول کشیده شده و خط نصف‌النهار را قطع می‌کنند. این دسته از خطوط «جیب‌المنکوس» که همان سینوس است خوانده می‌شوند.

۲۰. خطوط عمودی ترسیم شده «جیب‌المبسوط» یا «کسینوس Cos» هستند (شکل شمارهٔ ۷۰).

خطوط کسینوس اسطرلاب شاه عباس ثانی ۵ درجه به ۵ درجه به صورت قوس ربع دایره کشیده شده و خط مغرب ـ مشرق را قطع می‌کند. مقدار سینوس مذکور، خطوط ربع دایره هستند که از تلاقی خط کسینوس به خط علاقه درست شده‌اند، سپس به مرکز اسطرلاب یا محل تقاطع خط «افقی مغرب و مشرق» به خط «نصف‌النهار دوایر مذکور منتقل شده‌اند. نقاط A ، B ، C ، D ، E ، F ، G و H که از امتداد خطوط ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ ... الخ به دست آمده‌اند در (شکل ۷۰ و نقاط الف ـ ب ـ ج ـ د ـ ه ـ و ـ ز ـ ح ـ ط ـ ی ـ ک ـ ل ـ م ـ ن ـ س ـ ع در اسطرلاب شاه عباس ثانی شکل ۷۰ با توضیحات کافی ترسیم شده است. در بعضی اسطرلابها خطوط کسینوس (جیب‌المبسوط) با حکاکی یانقطه‌گذاری عمیقتر مشخص می‌شوند. در بعضی دیگر خطوط مذکور را با خط چین یا خط و نقطه‌گذاری معلوم می‌کنند.

اگر خط الف ـ ق را برابر با واحد (یک) فرض کنیم (شکل ۷۱)

سینوس ۱۰ درجه = الف ـ ج = ۰/۱۷ واحد

سینوس ۲۰ درجه = الف ـ ه = ۰/۳۴

سینوس ۳۰ درجه = الف ـ ز = ۰/۵۰

سینوس ۴۰ درجه = الف ـ ط = ۰/۶۴

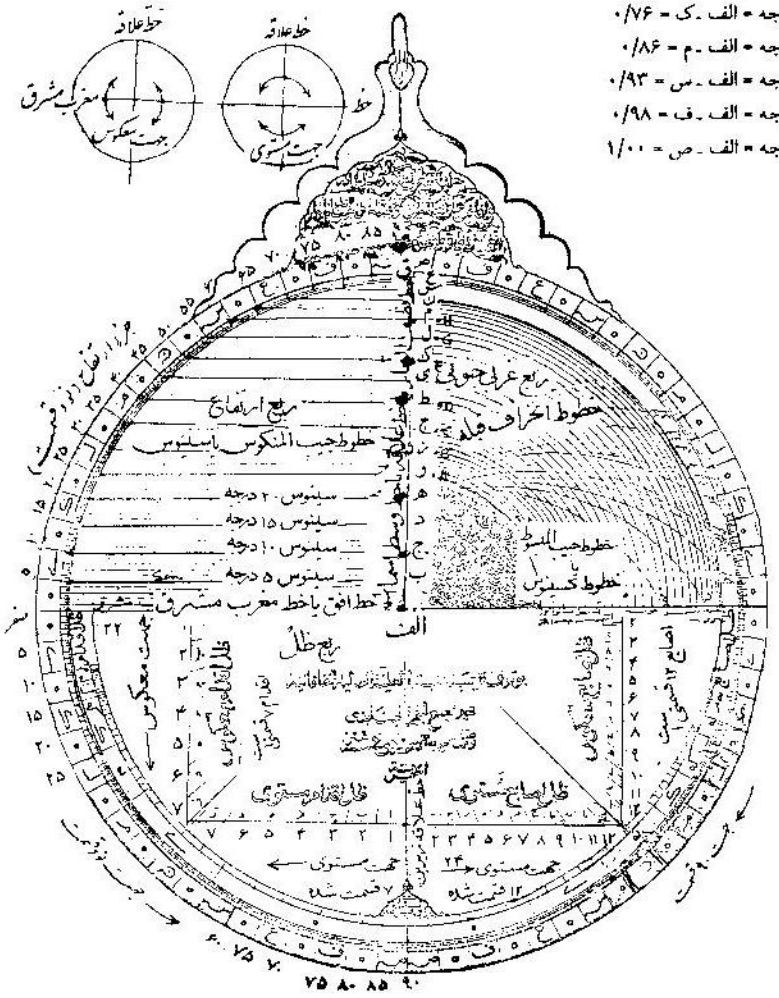
سینوس ۵۰ درجه = الف ـ ک = ۰/۷۶

سینوس ۶۰ درجه = الف ـ م = ۰/۸۶

سینوس ۷۰ درجه = الف ـ س = ۰/۹۳

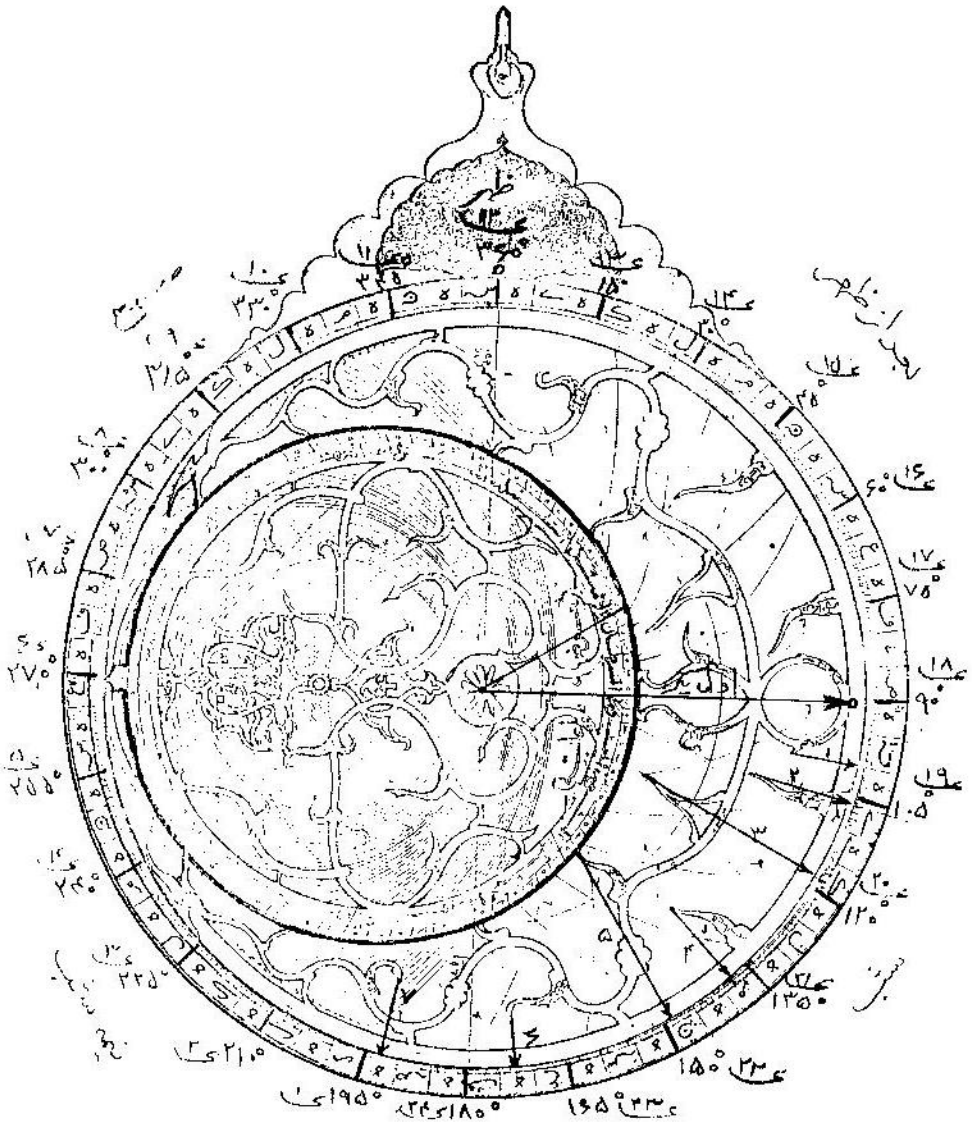
سینوس ۸۰ درجه = الف ـ ف = ۰/۹۸

سینوس ۹۰ درجه = الف ـ ص = ۱/۰۰



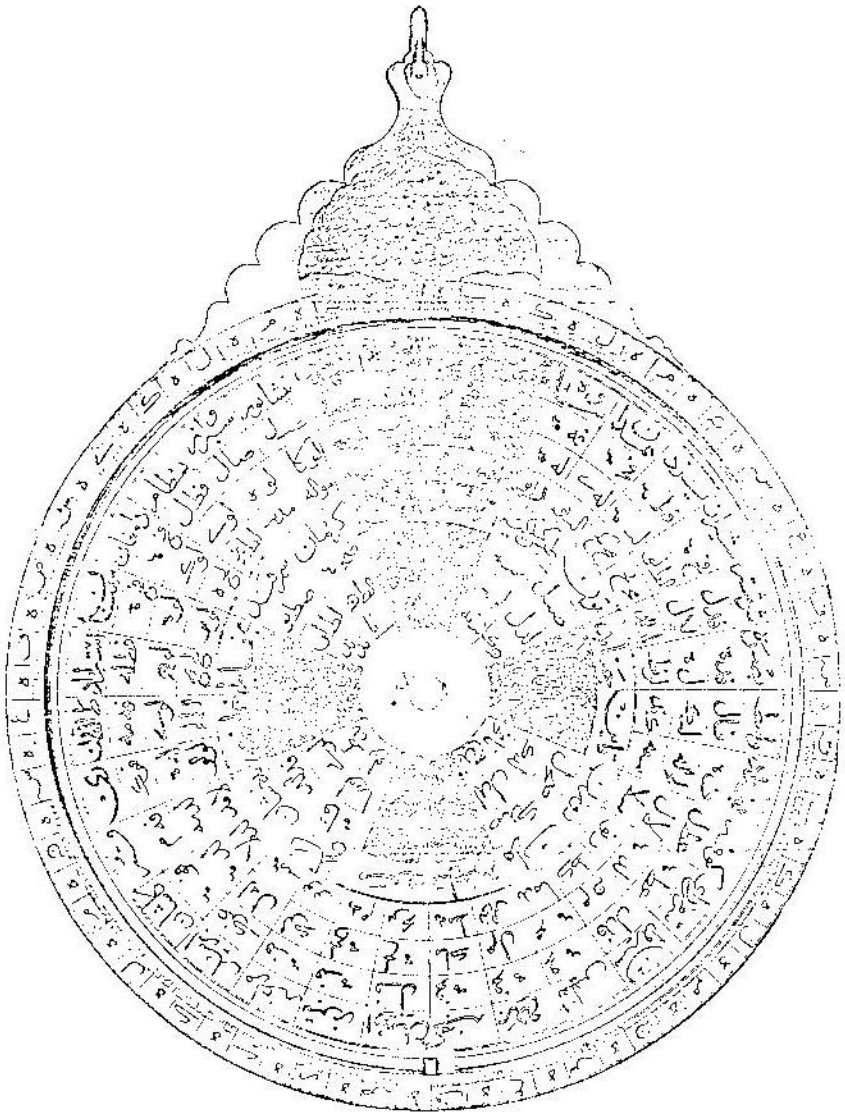
THE ASTROLABE OF SHAH ABBAS II, A. D. 1647

شکل ۷۰. خطوط و منحنی‌های محاسبات ریاضی بر پشت اسطرلاب



THE ASTROLABE OF SHAH ABBAS II, A.D. 1647

شکل ۷۱. صفحهٔ عنکبوتیهٔ اسطرلاب شاه عباس



THE ASTROLABE OF SHAH ABBAS II, A.D. 1647

شکل ۷۲. نقش داخل صفحه یا طول و عرض شهرها بر صفحهٔ «اُم»

۲۱. در شکل ۶۹ و در اسطرلاب شکل ۷۰ که برای شاه عباس ساخته شده است، خطوطی، که به صورت کمان دایره هستند کسینوسهای درجاتی هستند که به پیرامون ربع دوم رسم شده‌اند و بنام خطوط «قبله» می‌باشند.

طریقهٔ محاسبه و ترسیم قبله شهرستانهایی که اسامی آنها در انتهای خطوط نوشته شده است از روی فرمول مثلثات کروی است (در مبحث مربوط به خود شرح داده خواهد شد). در شکل ۷۰ نام شهرهای سمرقند، خوارزم، مشهد مقدس، یزد، اصفهان، قزوین، همدان، بغداد، نجف‌اشرف، بصره، و مدینه نوشته شده است که منظور تعیین انحراف قبله یکایک شهرهای مذکور است.

۲۲. در ربع سوم و چهارم که آن را «ظل» می‌نامند، مستطیلی دیده می‌شود که روی اضلاع آن تقسیماتی انجام داده‌اند. معمولاً در ربع سوم روی نیمی از ضلع طول مستطیل که برابر با عرض آن است به ۷ قسمت تقسیم شده و منظور از ۷ (قدم) است که به همین مناسبت به آنها تقسیمات «اقدام» می‌گویند. حال چنانچه این هفت تقسیم از خط «مشرق ـ مغرب» به طرف خط علاقهٔ زیرین باشد، آن را «معکوس» می‌خوانند (شکل ۷۰).

۲۳. در صورتی که این تقسیمات هفتگانه از علاقه شروع شده در جهت حرکت ساعت به طرف مشرق و مغرب روبه بالا برود مستوی است، بنابراین تقسیمات ربع سوم یکی «ظل» اقدام معکوس» و دیگری «ظل اقدام مستوی» است زیرا:

الف ـ هر دو تقسیمات در خانهٔ سوم هستند، بنابراین آنها را «ظل» می‌نامند.

ب ـ تقسیم اول از «خط مغرب ـ مشرق» به طرف خانه «علاقه» است، بنابراین معکوس است.

ج ـ چون به ۷ قسمت تقسیم شده است آن را اقدام می‌نامند.

د ـ بنابراین تقسیمات خانهٔ سوم «ظل اقدام معکوس» و تقسیمات خطوط پایین «ظل اقدام مستوی» است، زیرا اولاً قسمت ربع سوم را «ظل» می‌نامند، ثانیاً به ۷ قسمت تقسیم شده ثالثاً تقسیمات از خطوط علاقه به طرف خط «شرق و غرب» کشیده شده بنابراین «مستوی» است. بالای شکل ۷۰ «جهت» و «نام تقسیمات» را نشان می‌دهد که مستوی، یعنی جهت تقسیمات، از خطوط علاقه به طرفین و به سوی خط «مغرب و مشرق» و معکوس، یعنی جهت و شروع تقسیمات از خط «مغرب و مشرق» به طرف خط علاقه است.

۲۴. در خانهٔ چهارم اضلاع به ۱۲ قسمت تقسیم شده است. این تقسیمات دوازده‌گانه را

«اصابع» می‌نامند. اصابع از اصبع به معنی بند انگشت است، چون تقسیمات پایین خانهٔ چهارم از طرف خط علاقه به طرف خانهٔ مشرق و مغرب است، از این لحاظ آن را مستوی می‌نامند. از طرفی چون تقسیمات فوقانی از خط مغرب و مشرق به طرف خط علاقه است لذا شماره‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، را معکوس می‌خوانند و این تقسیمات را «ظل اصابع معکوس» می‌خوانند.

۲۵. «ظل اصابع مستوی» در خانه‌های چهارم پشت اسطرلاب دیده می‌شود. تقسیمات ظل اصابع معکوس را تانژانت و «ظل اصابع مستوی» راکوتانژانت می‌نامند. در پایان فصل چهارم در مورد طریقهٔ محاسبه و ترسیم نسبتهای مثلثاتی و مثلثات کروی در اسطرلاب بحث خواهد شد.

از آنچه که در ردیف‌های ۲۲ و ۲۳ فوق ذکر شد ملاحظه می‌شود که ایرانیان حتی قبل از دوران حکومت صفوی، روابط مثلثاتی سینوس، کسینوس، تانژانت، و کوتانژانت را روی اسطرلابها برای محاسبه به کار می‌برده‌اند.

اعداد ـ علایم ـ محاسبه و ترسیم خطوط

نخست در این فصل تا حدودی با طرز استفاده از اسطرلاب آشنا می‌شویم و سپس نشان خواهیم داد که چگونه می‌توان یک اسطرلاب را ساخت.

ارقام و اعداد

اولین چیزی که دربارهٔ قرائت یک اسطرلاب باید بدانیم، طریقهٔ خواندن اعداد و ارقام و درجات و سایر علایم و نقوشی است که بر پشت و روی اسطرلاب نقش بسته‌اند. ارقام اسطرلاب که به صورت حروف ابجد انتخاب و نوشته می‌شوند عبارتند از:

الف ـ ۱	ی ـ ۱۰	ق ـ ۱۰۰
ب ـ ۲	ک ـ ۲۰	ر ـ ۲۰۰
ج ـ ۳	ل ـ ۳۰	ش ـ ۳۰۰
د ـ ۴	م ـ ۴۰	ت ـ ۴۰۰
ه ـ ۵	ن ـ ۵۰	ث ـ ۵۰۰
و ـ ۶	س ـ ۶۰	خ ـ ۶۰۰

ز ـ ۷	ع ـ ۷۰	ذ ـ ۷۰۰
ح ـ ۸	ف ـ ۸۰	ض ـ ۸۰۰
ط ـ ۹	ص ـ ۹۰	ظ ـ ۹۰۰
		غ ـ ۱۰۰۰

(فقط در تعداد انگشت شماری از اسطرلابها در بین صدها، اعداد را به صورت حروف الفبا نوشته‌اند. علایم و اعدادی که در بالا نوشته شده حروفی هستند از کلمات ابجد، هوز، حطی، کلمن، سعفص، قرشت، ثخذ، ضظغ)[1] گرفته شده

در این بخش طریقهٔ نوشتن یکان، دهگان، صدگان، هزارگان در اسطرلاب را شرح می‌دهیم، لکن چون اعداد دهگان (۱۰ تا ۹۹) در اسطرلاب مورد استعمال بیشتر دارد، لذا کلیهٔ اعداد ۱ تا ۹۰ را دقیقاً ذکر می‌کنیم و سپس مثالهایی از ۱۰۰ الی ۳۶۰ می‌آوریم و چند عدد هزارگان را به عنوان نمونه اضافه می‌کنیم. این اعداد عبارتند از:

	ی ـ ۱۰	ک ـ ۲۰	ل ـ ۳۰
الف ـ ۱	یا ـ ۱۱	کا ـ ۲۱	لا ـ ۳۱
ب ـ ۲	یب ـ ۱۲	کب ـ ۲۲	لب ـ ۳۲
ج ـ ۳	یج ـ ۱۳	کج ـ ۲۳	لج ـ ۳۳
د ـ ۴	ید ـ ۱۴	کد ـ ۲۴	لد ـ ۳۴
ه ـ ۵	یه ـ ۱۵	که ـ ۲۵	له ـ ۳۵
و ـ ۶	یو ـ ۱۶	کو ـ ۲۶	لو ـ ۳۶
ز ـ ۷	یز ـ ۱۷	کز ـ ۲۷	لز ـ ۳۷
ح ـ ۸	یح ـ ۱۸	کح ـ ۲۸	لح ـ ۳۸
ط ـ ۹	یط ـ ۱۹	کط ـ ۲۹	لط ـ ۳۹

م ـ ۴۰	ن ـ ۵۰	س ـ ۶۰	ع ـ ۷۰	ف ـ ۸۰
ما ـ ۴۱	نا ـ ۵۱	سا ـ ۶۱	عا ـ ۷۱	فا ـ ۸۱
مب ـ ۴۲	نب ـ ۵۲	سب ـ ۶۲	عب ـ ۷۲	فب ـ ۸۲
مج ـ ۴۳	نج ـ ۵۳	سج ـ ۶۳	عج ـ ۷۳	فج ـ ۸۳
مد ـ ۴۴	ند ـ ۵۴	سد ـ ۶۴	عد ـ ۷۴	فد ـ ۸۴
مه ـ ۴۵	نه ـ ۵۵	سه ـ ۶۵	عه ـ ۷۵	فه ـ ۸۵
مو ـ ۴۶	نو ـ ۵۶	سو ـ ۶۶	عو ـ ۷۶	فو ـ ۸۶
مز ـ ۴۷	نز ـ ۵۷	سز ـ ۶۷	عز ـ ۷۷	فز ـ ۸۷
مح ـ ۴۸	نح ـ ۵۸	سح ـ ۶۸	عح ـ ۷۸	فح ـ ۸۸

۱. برای اطلاع از تاریخ پیدایش ۱۰۰ تایی حروف ابجد به جلد اول دایرةالمعارف اسلامی مراجعه شود.

مط ـ ۴۹	نط ـ ۵۹	سط ـ ۶۹	عط ـ ۷۹	فط ـ ۸۹
ص ـ ۹۰				
صا ـ ۹۱	قا ـ ۱۰۱	قیا ـ ۱۱۱	قکا ـ ۱۲۱	فلا ـ ۱۳۱
صب ـ ۹۲	۰	۰	۰	۰
صج ـ ۹۳	۰	۰	۰	۰
صد ـ ۹۴	۰	۰	۰	۰
صه ـ ۹۵	قه ۱۰۵	قیه ـ ۱۱۵	قکه ـ ۱۲۵	فله ـ ۱۳۵
صو ـ ۹۶	۰	۰	۰	۰
صز ـ ۹۷	۰	۰	۰	۰
صح ـ ۹۸	۰	۰	۰	۰
صط ـ ۹۹	۰	۰	۰	۰
ق ـ ۱۰۰	قی ـ ۱۱۰	فک ـ ۱۲۰	فل ـ ۱۳۰	قم ـ ۱۴۰
قم ـ ۱۴۰	را ـ ۲۰۱	رل ـ ۲۳۰	رسه ـ ۲۶۵	ش ـ ۳۰۰
قن ـ ۱۵۰	ره ـ ۲۰۵	رله ـ ۲۳۵	رع ـ ۲۷۰	شی ـ ۳۱۰
قس ـ ۱۶۰	ری ـ ۲۱۰	رم ـ ۲۴۰	رعه ـ ۲۷۵	شک ـ ۳۲۰
قع ـ ۱۷۰	ریا ـ ۲۱۱	رمه ـ ۲۴۵	رف ـ ۲۸۰	شل ـ ۳۳۰
قف ـ ۱۸۰	ریه ـ ۲۱۵	رن ـ ۲۵۰	رفه ـ ۲۸۵	شم ـ ۳۴۰
قص ـ ۱۹۰	رک ـ ۲۲۰	رنه ـ ۲۵۵	رص ـ ۲۹۰	شن ـ ۳۵۰
ر ـ ۲۰۰	رکه ـ ۲۲۵	رس ـ ۲۶۰	رصه ـ ۲۹۵	شس ـ ۳۶۰
۱۰۰۰ ـ غ	۱۰۲۱ ـ غکا	۲۰۰۰ ـ غغ		
۱۰۰۱ ـ غا	۱۰۵۷ ـ غنز			
۱۰۰۲ ـ غب	۱۰۵۹ ـ غنط			
۱۰۱۰ ـ غی	۱۳۵۴ ـ غشند			
۱۰۲۰ ـ غک	۱۹۷۵ ـ غظمه			

باید دانست که در طریقهٔ نوشتن اعداد ابجد، اغلب به جای یک حرف که نمودار یک عدد است می‌توان ۲، ۳ یا چند حرف را نوشت، مثلاً بجای ن = ۵۰ است می‌توان حروف «کل» (۲۰ + ۳۰)

که برابر با ۵۰ می‌شود یا «یم» که باز مساوی با (ی + م) ۵۰ می‌شود نوشت. یا «همماد» که ه مساوی با ۵، م = ۴۰، الف = ۱، دال = ۴ است که جمعاً ۵۰ می‌شود کنار یکدیگر نوشت و آن را به جای ۵۰ به کار برد. نوشتن «مادهٔ تاریخ» به همین اسلوب است که بر اسطرلاب محمد مهدی یزدی حک شده است:

بهر تاریخش خرد گفتا بگو جام جمشیدی شد اسطرلاب ما

که بیت دوم این شعر مادهٔ تاریخ ساختن اسطرلابی است که در دایرهٔ زیرین اسطرلاب حک شده است و جمع کل اعداد آن به این ترتیب برابر است با:

ج = ۳، الف = ۱، م = ۴۰، ج = ۳، م = ۴۰، ش = ۳۰۰، ی = ۱۰، د = ۴، ی = ۱۰، ش = ۳۰۰
د = ۴، الف = ۱، س = ۶۰، ط = ۹۰، ر = ۲۰۰، ل = ۳۰، الف = ۱، ب = ۲، م = ۴۰، الف = ۱

که جمع فوق برابر است با ۱۰۵۹ و منظور سال ۱۰۵۹ هجری است. اشعار بسیاری در ادبیات فارسی ایرانی و حتی در اشعار عرب زبانان وجود دارد که هر یک به حساب ابجد نام کلمه یا واقعه‌ای را می‌رساند، حتی وقایع مهم تاریخی در یک جمله خلاصه شده است مثل (عدل مظفر) که مطابق سال مشروطیت ایران یعنی ۱۳۲۴ ه. ق است[1] که بر سر در مجلس شورای ملی سابق نوشته شده بود.

شکل شمارهٔ ۷۱ یکی از اسطرلابهای صحیح و درستی است که در سال (غنز) برابر با ۱۰۵۷ ه. ق به نام شاه عباس ثانی به همت محمد مقیم یزدی و با قلم هنرمند فضل‌الله سبزواری و به دستور و محاسبهٔ محمد شفیع منجم جنابدی (گنابادی) ساخته شده است. قطر حقیقی این اسطرلاب ۲۷/۶ سانتی‌متر است و در سطح فوقانی اسطرلاب حلقه، عروه، کرسی، شبکه، عنکبوتیه، شظایا، مری کواکب، مدیر، اُم یا (صفحهٔ مادر) کاملاً مشهود است.

در خانه‌های پیرامون خارجی اسطرلاب مذکور حروف ابجد در جهت عکس حرکت عقربهٔ ساعت ۵ درجه به ۵ درجه تا ۱۰۰ (ق) و سپس ۵ درجه به ۵ درجه تا ۲۰۰ (ر) و بعد تا ۳۰۰ (ش) و از ۳۰۰ مجدداً ۵ درجه به ۵ درجه تا ۳۱۰ نقش بسته است، بنابراین پیرامون دایره به ۳۶۰ درجه تقسیم شده است (به شکل ۷۱ مراجعه شود).

خطوط درجات پنجگانهٔ هر خانه هم به ۳ قسمت مساوی تقسیم شده، بنابراین پیرامون دایره به ۷۲۰ واحد ۲۰ دقیقه‌ای تقسیم شده است. به ندرت ملاحظه شده که درجات اسطرلاب به حروف جمل[2] نوشته نشده باشد. یکی از آنها به عنوان نمونه اسطرلاب شاه سلطان حسین است که درجات پیرامون دایره به کلمات نام اعداد نوشته شده و تمام مطالب و سایر توضیحات آن به زبان فارسی است.

---

۱. یا: چو نام او گذرد بر صوامع ملکوت به قدر مرتبه هر یک «زجا» بلند شوند. «زجا» به حروف ابجد برابر است با: ز مساوی ۷، ج برابر ۳، الف مساوی با ۱ است. چنانچه هر کدام یک مرتبه زجای خود بلند شوند یعنی از آحاد جزو عشرات قرار گیرند به ترتیب حروف زیر به دست می‌آید ۷۰ برابر با ع و ۳۰ مساوی ل و ۱۰ برابر با ی، در نتیجه نام علی (ع) از آن حاصل می‌شود.

۲. حساب حروف ، همانا مجموع آن در هشت کلمهٔ مصنوعی جُمل گنجانیده شده و آن را ابجد نیز می‌گویند. فرهنگ معین.

نام ستارگان بر صفحه اسطرلاب

بعد از تقسیم‌بندی پیرامون اسطرلاب، صفحه‌ای در داخل اسطرلاب وجود دارد که آن را صفحهٔ شبکه یا عنکبوتیه می‌نامند و نام ستارگان قدر اول و دوم و سوم آسمان روی آن نوشته می‌شوند. تعداد این ثوابت را روی «مری کواکب» می‌نویسند. حداقل ۱۵ حداکثر ۴۵ ستاره هستند (به اشکال گوناگون اسطرلاب مراجعه شود) که نام بعضی از آنها عبارتند از: عین‌الثور، عیوق، یدالجوزا، الیمین، رجل‌الجوزالیسری، شعری‌العبور، شعری‌الغمضیا، رأس‌التوأم‌المقدم، رأس‌التوأم‌المؤخر، قلب‌الاسد، الفرد صرفه، سماک رامح، سماک اعزل، نیرفکه، واقع، در صورت فلکی نسر واقع، الطیر از صورت فلکی نسر طائر، رأس‌الحوا، ردف، کف‌الخطیب، قرن‌الثور، یدالجوزاالیسری، ظهرالاسد، سهیل، جناح‌الغراب، فم‌الحوت، ذنب‌القیطس شمالی، آخرالنهر، ذنب‌الدلفین، عنق‌الحیه منقارالدجاجه، موفق‌الثریا، رأس‌الغول، سره‌الفرس، جناح‌الفرس، منکب‌الفرس، بطن‌الفرس، بطن‌الحوت، رجل‌المسلسله، و ناطح.

ستارگان مذکور مربوط به ۸۸ صورت فلکی مختلف‌اند که ۴۷ صورت، از آنها در نیمکرهٔ جنوبی و ۱۲ شکل روی منطقةالبروج و ۲۹ صورت آنها در نیمکرهٔ شمالی قرار دارد.

این صورتهای فلکی شامل: ۹۲ نام پرنده، ۷ نام خزنده و بندپا، ۸ نام انواع ماهیها، ۱۵ نوع حیوان، ۲۵ نوع اشیا، ۱۸ نام خدایان افسانه‌ای، ۴ شکل هندسی، و ۲ نام از طبیعت است.

در روی اسطرلاب شاه عباس ثانی نام این کواکب روی شظایا در جهت عکس حرکت عقربهٔ ساعت در بیرون دایرهٔ برجهای دوازده‌گانه به شرح زیر نقش بسته است:

ستون اول جدول زیر نام کواکبی هستند که بر شظایای عنکبوتیه یا «مری کواکب»[1] نوشته شده‌اند.

ستون دوم نام صورت فلکی همان ستاره و ستون سوم قدر کوکب یا مقدار نورافشانی و تشعشع ظاهری ستاره در صورت فلکی مذکور است که به حروف لاتین مشخص شده است. ستون چهارم نام علمی ستاره است که در کتابهای اروپاییان و سایر زبانها نیز آمده است، به همین علت بر اسطرلابهایی که خارجیان ساخته‌اند چنین نامهایی که ریشهٔ آن عربی است و به لاتین نوشته شده دیده می‌شود. در جدول صفحهٔ مذکور زیر اسامی ستارگانی که هنوز نام

1. Star Pointer

نام ستارگان در صورتهای فلکی نیمکرهٔ شمالی

نام کوکب برشظایا	نام چهرهٔ آسمانی	قدر کوکب در صورت فلکی	نام علمی
۱. قلب‌العقرب	کژدم	آلفا ـ عقرب	Antares
۲. سماک اعزل	خوشه	آلفا ـ سنبله	Spica
۳. شفه یا ظبیة‌الجنوبی	باطیه	آلفا ـ باطیه	Alkis
۴. قلب‌الاسد	اسد	آلفا ـ اسد	Regulus
۵. فرد صرفه	شجاع	آلفا ـ شجاع	Alphard
۶. منکب‌الیمن من‌التوأم‌المؤخر	دو پیکر	بتا ـ جوزا	Pollux
۷. اذن کلب‌اکبر	سگ بزرگ	گاما ـ کلب‌اکبر	Wezen
۸. شعری شامیه	سگ کوچک	آلفا ـ کلب‌اصغر	Procyon
۹. شعری یمانی	سگ بزرگ	آلفا ـ کلب‌اکبر	Sirius
۱۰. کتف‌الجوزالیسری	دو پیکر	آلفا ـ جوزا	Castor
۱۱. بطن‌الارنب (النحل)	خرگوش	بتا ـ ارنب	Nihal
۱۲. رجل‌الجوزا	دو پیکر	آلفا ـ جوزا	Alhena
۱۳. عین‌الثور (الدبران)	گاو	آلفا ـ ثور	Aldeber
۱۴. تالی ساقةالنهر	رودخانه	النهر	Eridon
۱۵. کف‌الجذماء	نهنگ	گاما ـ قیطس	Kaitos
۱۶. ذنب‌القیطس‌الجنوبی	نهنگ	گاما ـ قیطس	Deneb - Kaitos
۱۷. عین‌الجدی (ذابح)	بزغاله	آلفا ـ جدی	Dabih
۱۸. سماک رامح	عوا	آلفا ـ عوا	Arcturus
۱۹. نیرالفکه	تاج شمالی	آلفا ـ اکلیل شمالی	Alphecca
۲۰. ظهرالاسد	شیر	دلتا ـ اسد	Zozema
۲۱. الجون	خرس بزرگ	اتا ـ دب‌اکبر	Alioth
۲۲. عیون	لجام‌دار	آلفا ـ ممسک‌الاعنه	Capella
۲۳. کف‌الخطیب	خداوند کرسی	بتا ـ ذات‌الکرسی	Chaph
۲۴. منکب‌الفرس	اسب‌بالدار	گاما ـ الفرس	Menkab
۲۵. ذنب‌الدجاجه	ماکیان	آلفا ـ دجاجه	Deneb
۲۶. ذنب‌الدلفین	دلفین	بتا ـ دلفین	Deneb
۲۷. فم‌الفرس	اسب‌بالدار	بتا ـ فرس‌اعظم	Scheat
۲۸. نسرطائر	عقاب	آلفا ـ نسرطائر	Altair
۲۹. منقارالدجاجه	ماکیان	بتا ـ دجاجه	Albireo
۳۰. منکب‌الجاثی	مردیوزانو	دلتا ـ الجاثی	Menkib
۳۱. نسرواقع	خرچنگ	آلفا ـ شلیاق	Vega
۳۲. رأس‌الغول	پرسیوس	بتا ـ پرسیوس	Algol
۳۳. الصرفه (ذنب‌الاسد)	شیر	بتا ـ اسد	Denbola
۳۴. حنق‌الحیه	مار	آلفا ـ حیه	Unukalhay

عربی بر خود دارند خط کشیده شده است که مورد توجه قرار گیرد.

مطلب جالب این است که ایرانیان قدیم نام و مشخصات ۸۶ صورت فلکی را می‌شناختند.

این نکته حایز کمال اهمیت است که علم نجوم تاکنون پس از گذشت قرنها تنها توانسته است ۲ صورت فلکی را بر ۸۶ صورت فلکی شناخته شدهٔ ایرانیان اضافه کند.

طریقهٔ محاسبه و ساخت صفحهٔ عنکبوتیه

الف ـ مدارات و نصف‌النهارات و مکان ستارگان بر صفحهٔ اسطرلاب

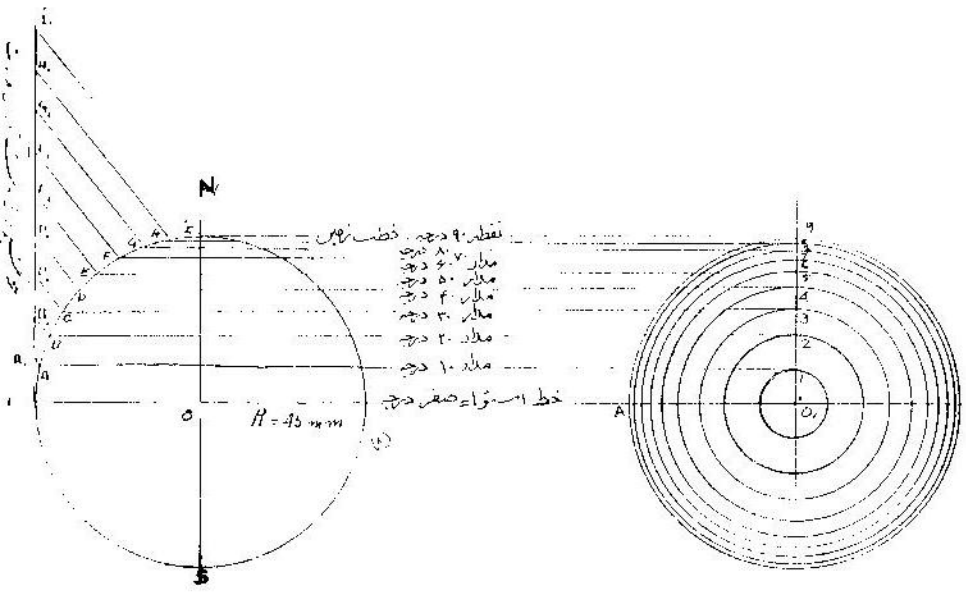
۱. طریقهٔ ساختن صفحهٔ عنکبوتیه اسطرلاب بدین ترتیب است که نقطه‌ای را در وسط کاغذ به طور دلخواه انتخاب کرده (نقطه O در شکل ۷۴) سپس دایره‌ای را به شعاع دلخواه رسم می‌کنیم و دو قطر عمود بر هم را می‌کشیم EW - NS. این دایره را کمربند فرضی خط استوا یا دایرهٔ استوایی می‌خوانیم (بهترین راه این است که شعاع به طول ۴۵ میلی‌متر انتخاب شود که با توجه به سایر خطوط دیگر که بعداً ترسیم می‌شوند، اسطرلابی مناسب با تمام جزئیات به دست آید. صفحات دیگر مورد نیاز را می‌توان به همین نسبت کوچک و بزرگ کرد).

در دایرهٔ الف روی خط ON باید ۹ مدار که بعداً هر مدار به ۱۰ قسمت تقسیم می‌شود به طریقهٔ خاصی به ترتیب زیر تقسیم می‌کنیم:

از نقطهٔ E در دایرهٔ الف خط عمود و موازی O -N رسم می‌کنیم (I - E). این خط به ۹ قسمت کاملاً مساوی تقسیم می‌شود. از نقطهٔ I به نقطه N خطی کشیده می‌شود و سایر خطوط A - A، B - B، C - C، D - D، E - E، F - F، G - G دقیقاً موازی خط I - N کشیده می‌شوند تا نقاط A، B، C، D و E، F، G، H به دست آیند، از این نقاط خطوطی موازی مدار یا خط استوای W و E رسم می‌شود که مدارهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ به دست می‌آید.

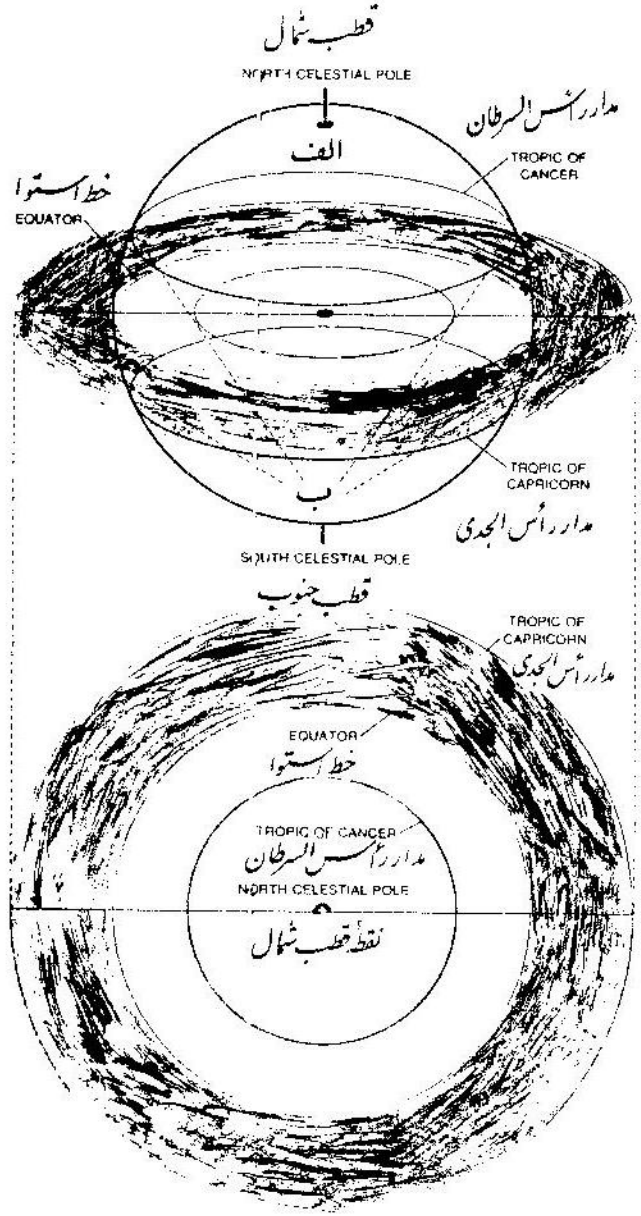
در دایره (ب) پس از به دست آوردن نقاط و خطوط مدارات روی دایرهٔ الف، مدارات موازی خط استوا را روی دایرهٔ دومی (ب) که به همین شعاع رسم شده مانند شکل منتقل می‌کنیم که نقاط ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ به دست آیند.

در شکل ۷۵ خط O - ۹ را خط (نصف‌النهار صفر) انتخاب می‌کنیم که همان نصف‌النهار گرینویچ است که آن را نصف‌النهار مبدأ هم می‌نامند.



شکل ۷۳. ترسیم مدارات از استوا به طرف قطب دایرهٔ الف

شکل ۷۴. ترسیم مدارات از قطب به طرف استوا دایرهٔ ب



STEREOGRAPHIC PROJECTION OF EQUATOR AND TROPICS

شکل ۷۵. تصویر مسطحهٔ خط استوا و مدارین

رسم دوایر مدار رأس‌السرطان و مدار رأس‌الجدی بر صفحهٔ اسطرلاب

در شکل ۷۷ دایرهٔ رسم شدهٔ بالای صفحه، شکل کرهٔ زمین است و میلهٔ (الف ـ ب) میلهٔ فرضی قطب شمال است که تا قطب جنوب ادامه می‌یابد. دایرهٔ رأس‌السرطان در شکل پایین صفحه در درون دایرهٔ اصلی و دایرهٔ مدار رأس‌الجَدی در بیرون دایره ترسیم می‌شود. مدار رأس‌السرطان مسیر تابش عمودی خورشید در ۱۵ مرداد است که آن روز راگرمای قلب‌الاسد می‌نامند و مدار رأس‌الجدی، ظهر روز ۱۵ دی ماه یا روز بَردالعجوز است که نمودار تابش عمودی خورشید بر مدار مذکور در فصل زمستان است.

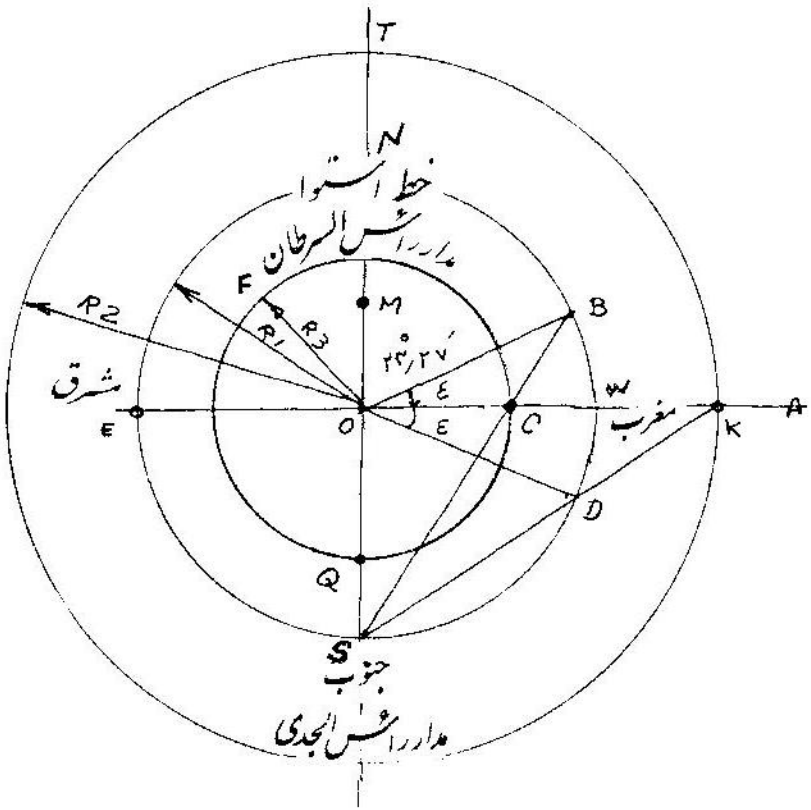
سه دایره‌ای که در قسمت زیرین شکل ۷۸ است اولاً براساس مقدار شعاع عدد اختیاری ۴۵ میلی‌متر است که سایر محاسبات دو مدار دیگر طبق دستور زیر در ارتباط با آن انجام می‌گیرد که پیرامون هر دایره انتخاب شده به همان نسبت کمتر یا بیشتر حساب می‌شود، مثلاً اگر مقدار دایرهٔ استوایی یک اسطرلاب برابر با ۵۵ میلی‌متر انتخاب شود ناچار باید، سایر ابعاد اسطرلاب برابر با $\frac{55}{45}$ محاسبه شود، یعنی ۱/۲۲ برابر بزرگتر از دایرهٔ اسطرلابی است که برای سهولت تهیهٔ آن در این کتاب شرح داده شده است.

رسم دوایر (استوا، رأس‌الجدی، رأس‌السرطان) به سه طریقه انجام می‌شود.

۱. طریقهٔ ترسیم هندسی ۲. طریقهٔ ریاضی ۳. روش تجربی

۱. طریقهٔ ترسیم هندسی

دو خط عمود بر هم EW و SN را رسم می‌کنیم (شکل ۷۷). دایرهٔ استوایی را با شعاع ۴۵ میلی‌متر و به مرکز O می‌کشیم به طوری که S و N روی پیرامون دایره قرار گیرند، سپس دو خط OB و OD را با زاویه‌ای برابر با ۲۳ درجه و ۲۷ دقیقه که برابر با مقدار انحراف محور زمین است از نقطهٔ O روی خط OW انتخاب می‌کنیم و زاویه را امتداد می‌دهیم به ترتیبی که دایرهٔ خط استوا را در نقاط B و D قطع کند. از نقطهٔ B خطی به نقطهٔ S به ترتیبی رسم می‌کنیم که از نقطهٔ C روی دایرهٔ استوا بگذرد. از نقطهٔ S به D وصل می‌کنیم، محل برخورد آن با امتداد OW (K) شعاع دایرهٔ رأس‌الجدی و OK مدار رأس‌السرطان است.



شکل ۷۶. طریقهٔ محاسبهٔ مدار رأس‌السرطان و رأس‌الجَدی

۲. طریقهٔ به دست آوردن شعاعهای مدارها از راه محاسبهٔ ریاضی

طریقهٔ محاسبهٔ ترسیم مدار رأس‌السرطان و دایرهٔ استوا و رأس‌الجدی هر اسطرلاب می‌توان از فرمولهای زیر به دست آورد:

شعاع دایرهٔ خط استوا $= OW = R_1$ (به فرض ۴۵ میلی‌متر انتخاب شده)

شعاع دایرهٔ رأس‌الجدی $= OK = R_2 = R_1 \times \cot\frac{90 - \varepsilon}{2} = 1.524\ R_1 = 68.58$ mm

شعاع دایرهٔ رأس‌السرطان $= OF = R_3 = R_1 \times \tan\frac{90 - \varepsilon}{2} = 0.656\ R_1 = 29.52$ mm

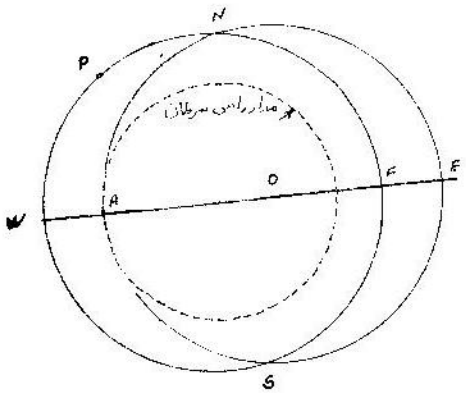
(شکل ۷۸) که در فورمول بالا شعاع دایرهٔ استوا برابر با ۴۵ میلی‌متر است.

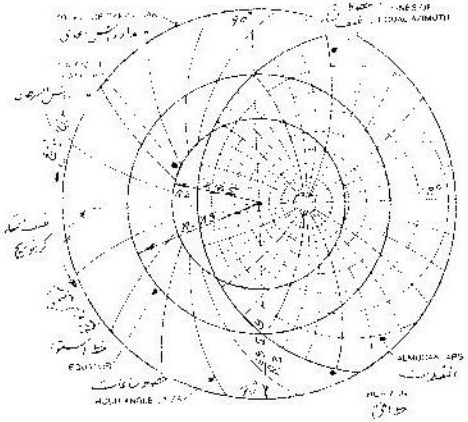
۳. طریقهٔ ترسیم تجربی

این طریقه را اسطرلاب‌سازان حرفه‌ای به کار می‌بردند و تا حدودی نزدیک به طریقهٔ محاسباتی است، بدین ترتیب که ابتدا دایره‌ای به شعاع دلخواه رسم می‌کردند و آن را به جای دایرهٔ «مدار راس‌الجدی» قرار می‌دادند، سپس خط شعاع دایره را به ۳ قسمت تقسیم می‌کردند (در اینجا شعاع دلخواه برابر با عدد ۶۸/۵۸ انتخاب شده است). شعاع دایرهٔ استوا را با عددی برابر با مقدار $\frac{2}{3}$ طول مذکور رسم می‌کردند. عدد به دست آمده ۴۵/۷۲ شعاع دایرهٔ خط استوا است که با توجه به طریقهٔ محاسبهٔ فورمول، در حدود ۷۲ میلی‌متر کمتر از مقدار طریقهٔ تجربی است. این بار مجدداً شعاع را به ۳ قسمت تقسیم کرده دایرهٔ مدار رأس‌السرطان را با طولی برابر با $\frac{2}{3}$ این عدد رسم می‌کردند.

$$۴۵/۷۲ \times \frac{۲}{۳} = ۳۰/۴۸$$

همان طور که ملاحظه می‌گردد رقم ۳۰/۴۸ مقدار ۰/۹۶ میلی‌متر از رقم ۲۹/۵۲ بیشتر است که در ترسیم اسطرلابهایی که سازندگان حرفه‌ای آنها را می‌ساخته‌اند قابل اغماض است به همین لحاظ می‌توان دقت اسطرلابها را امتحان کرد که آیا خطوط مدار رأس‌السرطان و





شکل ۷۷. طریقه ترسیم دوایر المقنطرات بر صفحه

شکل ۷۸.

مدار رأس‌الجدی و دایرهٔ خط استوا براساس محاسبهٔ ریاضی دقیق رسم شده است یا به طریقهٔ سیستم تجربی. از این لحاظ ابتدایی‌ترین مطالعه برای ارزش یک اسطرلاب بستگی به دقت رسم دوایر سه گانه و اولیهٔ آن دارد و اینکه به کدام روش ترسیم شده است.

آنچه که از ترسیم دوایر مذکور در یک اسطرلاب به دست می‌آید عبارتند از:

الف ـ دایرهٔ مدار رأس الجدی [1]

ب ـ دایرهٔ اعتدال که دو نقطهٔ اعتدال بهاری و اعتدال پاییزی [2] است (S,N) که به آن نقطهٔ اعتدال بهاری یا مدار «رأس‌الحمل» [3] می‌گویند. در مشخصات جغرافیایی روی خط استوا یا کمربند فرضی زمینی است که ایرانیان ورود آفتاب به این نقطهٔ فرضی را که روی خط این مدار است روز تحویل سال می‌نامند.

ج ـ مدار رأس السرطان [4]

1. Tropic of capricorn
2. Circle of Equinoxes
3. Head of Aries
4. Tropic of Cancer

د ـ نقطهٔ O قطب آسمانی [1] نامیده می‌شود که مرکز دایرهٔ P در شکل ۷۴ است.

هـ ـ خط WOE خط وسط السماء [2] است که به فارسی آن را خط میان آسمان [3] می‌خوانند.

و ـ خط OE خط نصف‌النهار یا خط نیمروز

ز ـ خط OW خط نصف‌اللیل [4]

ی ـ خط قطر NOS که عمود بر خط WE است، خط شرقی ـ غربی است و به نام خط افق استوا یا خط «وسط المشرق و المغرب»، خط میانه روز هم خوانده می‌شود.

در شکل ۸۰ دایرهٔ فوقانی، شکل کرهٔ زمین است که خطوط مورد نظر روی آن رسم شده است، فقط باید در نظر داشت که بیضی Ecliptic حول مرکز O می‌چرخد و نقاط A و B در حول دورانی خود به نقاط A , B می‌رسند. در قسمت شکل زیرین چهار نقطه روی دایرهٔ معدل‌النهار به آن اضافه شده است:

۱. اعتدال بهاری [5]

۲. اعتدال پائیزی [6]

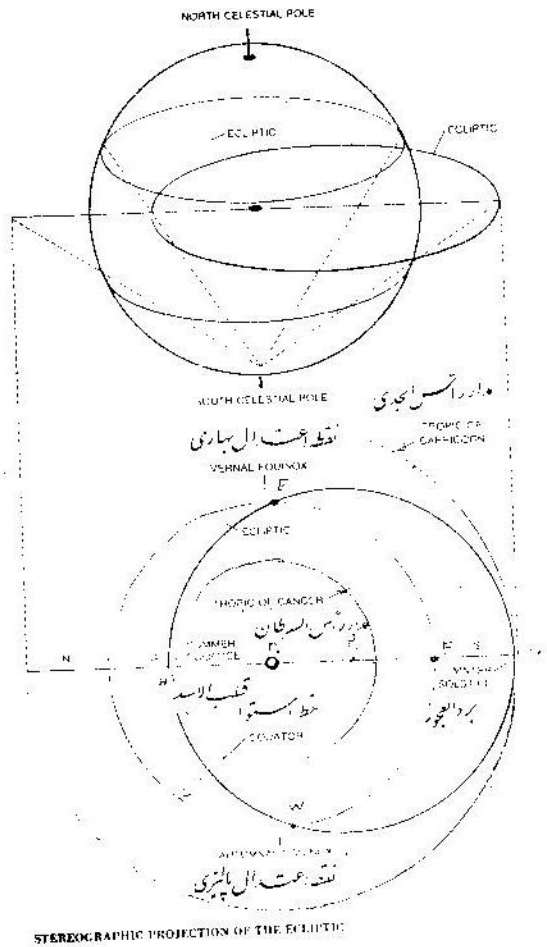
۳. قلب الاسد [7] (حدت گرما) روز ۱۵ مرداد

۴. برد الحجوز [8] (شدت سرما) روز ۱۵ دی ماه

دایرهٔ معدل النهار به دو صورت ترسیم می‌شود: الف ترسیم تصویری. ب تا انجام محاسبات الف: طریقهٔ ترسیم تصویری دایرهٔ معدل‌النهار به این ترتیب است که امتداد تصویر نقاط کرهٔ فوقانی را به سطح زیرین منتقل می‌کنیم. با توجه به اینکه دایرهٔ معدل‌النهار باید در دو نقطه مماس بر مدارات رأس‌الجدی و رأس‌السرطان باشد، نقاط A , F به دست می‌آید. با نصف کردن قطر A , B دایرهٔ معدل‌النهار را ترسیم می‌کنیم. محل تقاطع دایرهٔ معدل‌النهار را با مدار رأس الجدی را بردالعجوز (E) (شدت زمستان) و محل تقاطع زیرین معدل‌النهار را با دایرهٔ استوا (S) اعتدال پاییزی و محل برخورد معدل النهار با مدار رأس‌السرطان را حدت تابستان یا قلب الاسد و نقطهٔ فوقانی معدل النهار را، (اعتدال بهاری (N) نامگذاری می‌کنند، بدین ترتیب نقاط A, S, E, N به دست می‌آید.

1. North Celestial Pole
2. Linea Medii Coele
۳. «میان آسمان» ر. ک. به کتاب پژوهشی در اساطیرایران نوشتهٔ دکتر مهرداد بهار ص ۲۲، انتشارات توس.
4. Linea mediae noctis
5. Vernal Equinox
6. Autumnal Equinox
7. Summer solstice
8. Winter solstice

ب: طریقهٔ ترسیم محاسبه‌ای دایرهٔ معدل‌النهار: در شکل ۷۹ خط NS را عمود بر EW رسم می‌کنیم. دایرهٔ استوا به شعاع OS رسم می‌شود. همان طوری که گفته شد، چون نقاط اعتدال پاییزی و اعتدال بهاری باید از E و W بگذرد، از این لحاظ دایرهٔ معدل‌النهار باید از نقاط مذکور عبور کند، بنابراین شعاع دایرهٔ معدل‌النهار را که با علامت مشخص شده است از نقطهٔ (M)[1] با توجه به فورمول $R_4 = \frac{R_2+R_3}{2}$ به دست می‌آوریم.



شکل ۷۹. تصویر و ترسیم نقاط اعتدالین بر صفحهٔ اسطرلاب

۱. شرح نقطهٔ (M) در قسمت (ترسیم مدارات و خطوط نصف‌النهارات) که آنها را المفطرات می‌نامند و ...

مقدار R_3 و R_2 از محاسبهٔ قبلی در اینجا منظور می‌کنیم

$$R_4 = \frac{۶۸/۵۸ + ۲۹/۵۲}{۲} = ۴۹/۰۵$$

یا با استفاده از مقدار R_1 مقدار R_4 مساوی با

$$R_4 = \frac{۱/۵۲۴ + ۰/۶۵۶}{۲} = ۱/۰۹\ R_1$$ می‌شود

و چون R مساوی با ۴۵ میلی‌متر است پس:

مقدار شعاع به دست می‌آید میلی‌متر ۴۹/۵ = ۱/۰۹×۴۵

(مقادیر R_2 و R_1 از فرمول شمارهٔ ۲ و ۱).

برای پیدا کردن مرکز دوایری که روی خط SN قرار می‌گیرند، مرکز آنها را روی نقطهٔ M قرار می‌دهیم. فاصلهٔ OM برابر خواهد بود با:

4) $OM = R_4 - R_3$

$$۱/۰۹R - ۱/۵۲۴R = ۰/۴۳۴R$$

5) یا $R \cdot Tag\alpha$

$R \times ۰/۴۳۴ = R \times Tag\ 23°\text{-}27'$ یا (۲۳/۵۰) که همان نتیجهٔ فرمول ۴ است.

چون R مساوی با ۴۵ میلی‌متر است، بنابراین ON مساوی است با:

۴۵ × ۰/۴۳۴ = ۱۹/۵۳ میلی‌متر

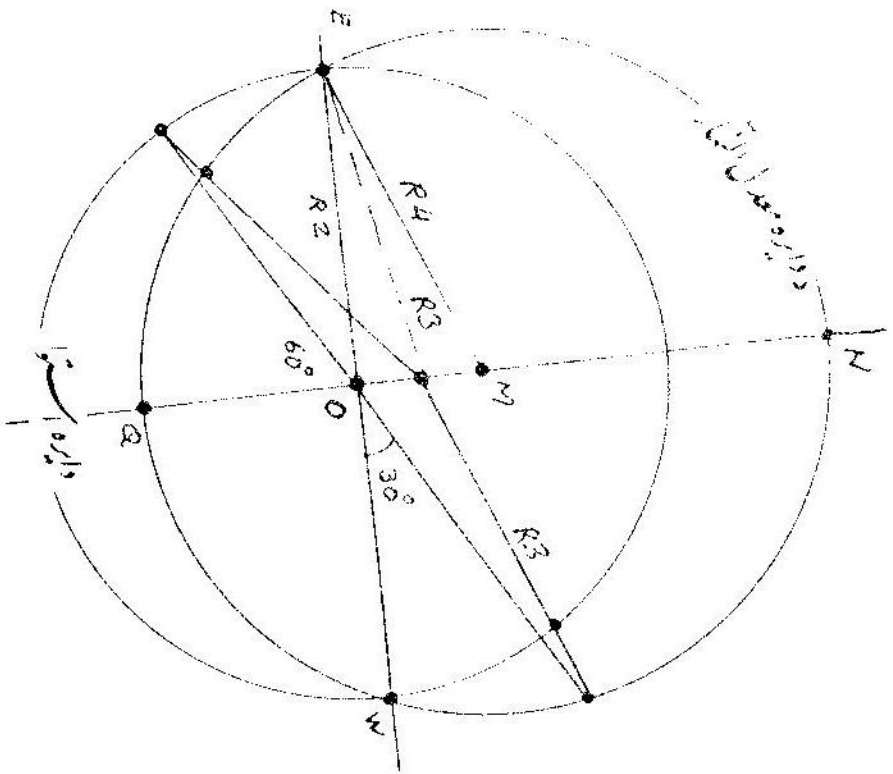
حال اگر دایرهٔ معدل‌النهار دقیقاً رسم شود از نقاط N , Q که مماس بر دوایر مدار رأس‌الجدی و رأس‌السرطان هستند خواهد گذشت. این دایره نقطهٔ خارجی حلقهٔ منطقةالبروج «عنکبوتیه» یا «شبکیه» است که نام برجهای دوازده‌گانه را روی آن می‌نویسند. (شکل ۸۰)

برای تعیین محل و موقعیت یک ستاره روی عنکبوتیهٔ اسطرلاب یا روی یک جدول یا یک نقشهٔ آسمانی احتیاج به معلومات زیر داریم:

۱. مقدار انحراف[1] به علامت δ دلتای کوچک است که در حقیقت زاویهٔ بین عبور دو ستاره از یک نصف‌النهار است.

۲. ارتفاع از افق راصد که آن را راستین فراز[2] می‌نامند و به علامت مخفف R. A معلوم می‌کنند.

1. Declination
2. Right ascension



شکل ۸۰. دوایر معدل‌النهار و خط استوا

اسامی علمی صورتهای فلکی و مشخصات ستارگانی که در بالا نام برده شد عیناً از کتاب ویلی هارتنر[1] که در آن نام پرافتخار عبدالرحمن صوفی رازی دانشمند ایرانی هم ذکر شده است گرفته شده است.

جدول صفحهٔ بعد فرمول محاسبه و محل ۱۹ ستاره‌ای است که طریقهٔ محاسبه و محل ستارگان را بر صفحهٔ اسطرلاب نشان می‌دهد.

1. Willy Hartner

جدول ۱. مشخصات ۱۹ ستاره بر صفحهٔ عنکبوتیه

ردیف	نام ستاره	R.Aدرجه	R*
۱	دیفداء	۱۰/۳°	۶۲/۲
۲	منقار	۴۴/۹	۴۲/۰
۳	الدبران	۶۸/۳	۳۳/۶
۴	رجل	۷۸/۰	۵۲/۰
۵	عیوق	۷۸/۲	۱۸/۲
۶	ابط الجوزا	۸۸/۱	۳۹/۵
۷	شعری یمانی	۱۰۰/۷	۶۰/۴
۸	شعری شامی	۱۱۴/۲	۴۱/۰
۹	ذنب الاسد	۱۵۱/۴	۳۶/۳
۱۰	جناح	۱۸۳/۳	۶۸/۱
۱۱	سماک‌اعزل	۲۰۰/۶	۵۴/۵
۱۲	سماک‌رامح	۲۱۳/۳	۳۱/۸
۱۳	الفکه	۲۳۳/۱	۲۷/۶
۱۴	قلب‌العقرب	۲۴۶/۶	۷۲/۴
۱۵	راس الحیه	۲۶۳/۱	۳۶/۰
۱۶	واقع	۲۷۸/۸	۲۱/۵
۱۷	الطائر	۲۹۷/۱	۳۸/۶
۱۸	ذنب	۳۰۹/۹	۱۸/۶
۱۹	مرکب	۳۴۵/۶	۳۴/۶

Deg

S	mlm
۹۰	۰
۸۵	۲/۰
۸۰	۳/۹
۷۵	۵/۹
۷۰	۷/۹
۶۵	۱۰/۰
۶۰	۱۲/۰
۵۵	۱۴/۲
۵۰	۱۶/۴
۴۵	۱۸/۶
۴۰	۲۰/۹
۳۵	۲۳/۴
۳۰	۲۶/۰
۲۵	۲۸/۷
۲۰	۳۱/۵
۱۵	۳۴/۵
۵	۴۱/۳
۰	۴۵/۰
-۵	۴۹/۱

R.A = Right Ascention = ارتفاع سمت الرأس

$R^* = 45 \tan\frac{90-\delta}{2}$ mm = ضریب

R = 45 mm = شعاع دایرهٔ صفحه

δ = Declination = زاویهٔ انحراف

شکل ۸۱

همانطور که شرح داده شد پس از آنکه جای ستارگان روی مدار نصف‌النهار صفحهٔ مورد نظر مشخص و معلوم شد این نقاط نشان دهنده را به شاخ و برگهای زیبایی تبدیل می‌کنند و شاخ و برگها را به صورت قرینه یا غیر قرینه می‌سازند. بهترین نوع شبکهٔ عنکبوتیه آن است که ضمن غیر قرینه بودن، هماهنگی زیبایی هم در طرح شاخ و برگها دیده هم شود. زیباترین طرحی که تاکنون در اسطرلابها ترسیم شده صفحهٔ عنکبوتیهٔ اسطرلاب شاه سلطان حسین است که با مهارت و دقت، و ظرافت و هنرمندی بسیار و با طرز غیر قرینه‌ای طرح شده است و در موزهٔ انگلستان نگهداری می‌شود. اسطرلاب دیگری به نام شاه سلطان حسین در موزهٔ ایران باستان است. هر دو این اسطرلابها به طور عجیبی به هم شبیه هستند. تنها تفاوت آنها این است که در اسطرلاب موزهٔ بریتانیا کلمات «رمضان ۱۱۲۴» و در اسطرلاب موزهٔ ایران باستان کلمات «شعبان ۱۱۲۴» روی کرسی آنها نوشته شده است. در تحقیقی که در این مورد به عمل آمده اسطرلاب موزهٔ ایران باستان ابتدا نزد فتحعلی شاه قاجار بوده که بعد به کاخ گلستان منتقل و نگهداری شده است.

اضافه بر نام ثوابت که روی شبکه پراکنده هستند، دایرهٔ میانی بر صفحهٔ عنکبوتیه دیده می‌شود که صفحهٔ منطقةالبروج[1] نام دارد. ماههای القوس، العقرب، المیزان، السنبله، الاسد، السرطان، الجوزا، الثور، الحمل، الحوت، الدلو، و الجدی[2] در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت نوشته شده است که نمایندهٔ ۱۲ ماه است. هر یک از خانه‌ها در جهت خلاف حرکت عقربه‌ها به ۶ قسمت و ۵ درجه‌ای تقسیم شده که هر یک از درجه‌ها نمایندهٔ ۶ روز در ماه است.

۳. مقدار درجات ستارگان

۴. خط استوا ـ مدار رأس‌السرطان و مدار رأس‌الجدی بر صفحهٔ اسطرلاب در شکل ۷۶ دایرهٔ رسم شدهٔ بالایی شکل کرهٔ زمین است و میلهٔ «الف ـ ب» میلهٔ فرضی قطب شمال است که تا قطب جنوب امتداد می‌یابد. مدار رأس‌السرطا مسیر خط تابش عمودی آفتاب را در ۱۵ مرداد که آن را روز «قلب‌الاسد» می‌نامند مشخص می‌سازد و مدار رأس‌الجدی ۱۵ دی ماه یا روز «بردالعجوز» که نمودار خط تابش عمود آفتاب در زمستان است، همچنین خط

1.Zodiac

۲. روی اسطرلابها نام ماهها را یا «الف ـ ب» می‌نویسند که به ترتیب عبارتند از ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند.

استوا روی کرهٔ مذکور ترسیم شده است.

محاسبهٔ درجات و مکان بروج بر دایرهٔ معدل‌النهار

سطح خارجی دایرهٔ معدل‌النهار باید به اندازهٔ کافی عریض انتخاب شود تا روی آن جای کافی برای علامتگذاری درجه و نیم درجه و همچنین سطح کافی برای نوشتن اسامی ماهها وجود داشته باشد (حمل، ثور، جوزا ...).

اینک با مراجعه به شکل که در آن دایرهٔ مدار رأس‌الجدی، دایرهٔ استوا، مدار رأس‌السرطان، دایرهٔ معدل‌النهار ترسیم شده طریقهٔ تعیین مکان بروج (ماهها) را به ترتیب زیر محاسبه می‌کنیم.

الف ـ دایرهٔ خط استوا را از نقطهٔ A به ۱۲ بخش دقیق تقسیم می‌کنیم، به طوری که هر یک از نقاط مذکور دایره، زاویه‌ای ۳۰ درجه A-I تا A-I بسازد. زاویهٔ A_6-ô-A_7 مساوی ۳۰ درجه است که جمع کل تقسیمات برابر با ۳۶۰ درجه خواهد شد. این بار فاصلهٔ بین هر یک از تقسیمات را ۵ قسمت می‌کنیم که زاویهٔ هر قسمت ۶ درجه می‌شود.

ب ـ زاویهٔ OÊM را که برابر با ۲۲ درجه و ۲۷ دقیقه است نصف می‌کنیم و نقطهٔ P را روی خط OM انتخاب می‌نماییم.

یا آنکه: $$OP=EO \times \text{tag} \frac{22^\circ-27'}{2}$$

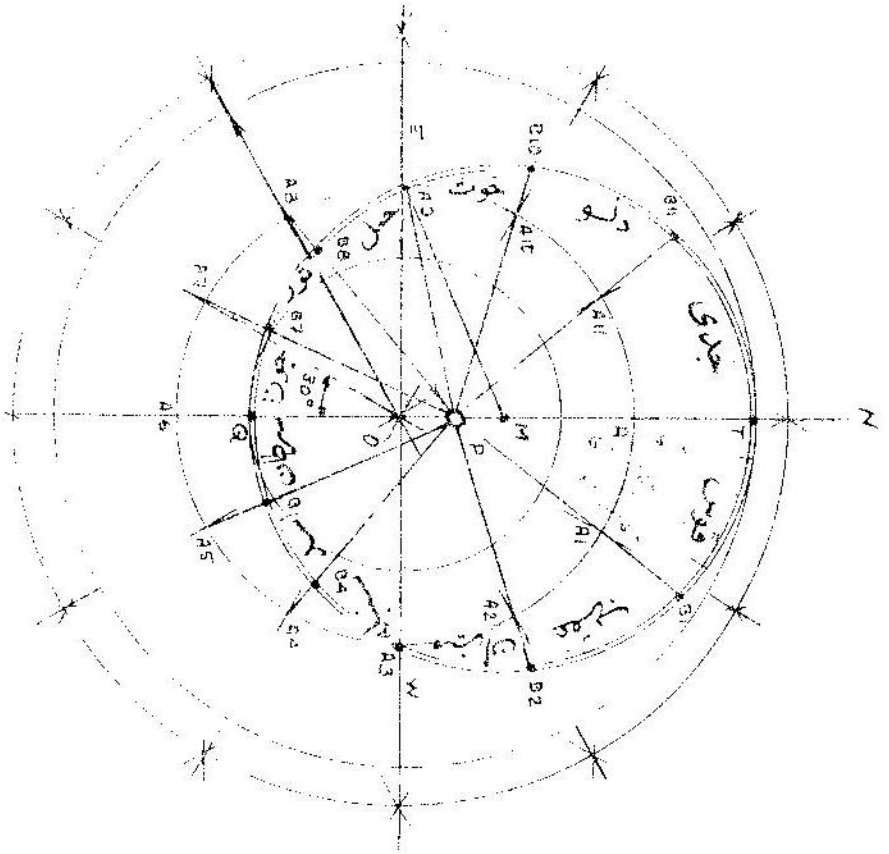
چون در شکل R=EO پس خواهیم داشت: $OP=R.\text{tag } 11^\circ, 13', 15^\circ$

$$OP=45 \times 0/208880=9/399=9/4$$

با توجه به شکل چون E نقطهٔ ابتدایی اعتدال بهاری است، بنابراین اول ماه حمل یا فروردین ماه از E شروع به A_8 ختم می‌شود و A_8 اول ماه ثور (اردیبهشت) است که به همین ترتیب A_7 اول ماه جوزا خواهد بود. بدین منوال نقاط مذکور را روی دایرهٔ معدل‌النهار منتقل می‌کنیم.

برای انتقال نقاط مذکور روی دایرهٔ معدل‌النهار TWQET، از نقاط A، A_1، A_2 و ... خطی به نقطه O رسم می‌کنیم. محل تلاقی و امتداد این خطوط رو معدل‌النهار نقاط شروع یکایک اول هر ماه است.

A_9 ـ B_8 خانهٔ ماه حمل، B_7 ـ B_8 خانهٔ ماه ثور، و Q ـ B_7 منزل جوزا است، Q ـ B^5 ماه سرطان



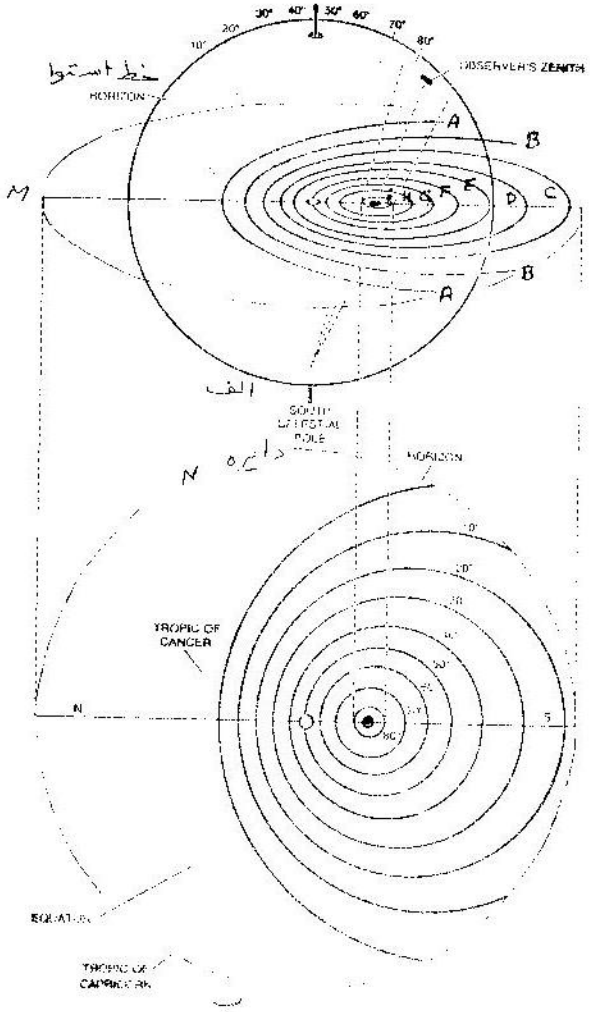
شکل ۸۲. طریقهٔ ترسیم مکان برجها بر صفحهٔ یک اسطرلاب

و $B^4 - B^5$ ماه اسد و $W - B^4$ برج سنبله است، $W - A_2$ ماه میزان و $B_1 - B_2$ ماه عقرب $T - B_1$ ماه قوس و $B_{11} - T$ منزل جدی و $B_{10} - B_{11}$ ماه دلو و خانه $B_{11} - B_{10}$ جای ماه حوت است که برابر با اسفند ماه است. به این ترتیب است که خانه‌های ماههای دوازده گانه به دست می‌آید که می‌توان به جای آنها ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد ... اسفند را گذاشت. (شکل ۸۲ برجهای دوازده گانه بر شبکهٔ عنکبوتیهٔ اسطرلاب را نشان می‌دهد).

ترسیم مدارات و خطوط نصف‌النهار (المقنطرات)

شکل ۸۳ خطوط مدارات کرهٔ زمین را نشان می‌دهد که آنها را در اسطرلاب «المقنطرات» می‌خوانند. آن عبارت از ۹ دایره است که از خط استوا شروع شده با ۱۰ درجهٔ عرض شمالی یا جنوبی یک دایره رسم می‌شود.

این دو [illegible] مختلف که نمایندهٔ مدارات متمایل کرهٔ زمین‌اند منحنیهای سهمی هستند که پارابل [illegible]



شکل ۸۳. طریقه ترسیم خطوط المقنطرات

آنچه دربارهٔ المقنطرات باید بدانیم این است که مقنطره قسمتی از منحنی دایره‌ای است که در موقع ترسیم سایر دوایر غیر متحدالمرکز آن را به صورت منحنی باز می‌بینیم. که بیضیهای شلجمی هستند و با فرمولهای خاصی ترسیم می‌شوند و آن را منحنی سهمی می‌نامند، بنابراین مقنطره که لغتی است عربی قسمتی از قوس است که اروپاییان امروزه آن را «پارابول» نامیده‌اند و فرمول $y^2=ax$ است. حال اگر مدارات کرهٔ زمین را روی کره‌ای رسم کرده از قطب شمال بر آنها نگاه کنیم دوایر متحدالمرکزی می‌بینیم که با شعاعهای مختلفی از یک مرکز ترسیم شده‌اند، چون قطب زمین نسبت به خط استوا ۲۳ درجه و ۲۷ دقیقه مایل است، از این لحاظ تصویر چنین دوایری به صورت شکل ۸۳ ترسیم می‌شود که در سیستم محاسبات پلانی اسفر، اروپاییان آن‌را المقنطار[1] می‌خوانند.

این دوایر معمولاً عبارت از ۹ دایره‌اند که برای هر ۱۰ درجه به ۱۰ درجهٔ عرض شمالی یا جنوبی رسم می‌شوند (اغلب در اسطرلابهای ذیقیمت و گرانبها و دقیق نه تنها دوایر ۱۰ درجه دارند، بلکه دوایر ۲ درجه به ۲ درجه هم رسم شده‌اند که در حقیقت به جای ۹ خط دارای ۴۵ خط منحنی بسته و باز هستند که برای آسان خواندن آن خطوط اولاً هر دایرهٔ بسته یا باز ۱۰ درجه‌ای با نقطه چین حک شده است، ثانیاً محل تلاقی نصف‌النهارات و خطوط المقنطرات با نقطه‌ای مشخص شده است شکل ۸۳ قسمت الف «طریقهٔ ترسیم دوایر را به «سهمی» و «هذلولی» و «بیضی» و سپس در قسمت «ب» طریقهٔ ترسیم و تبدیل آنها را به دوایر «مقنطره» نشان می‌دهد.

اعداد ۱۰ تا ۹۰ مقادیر درجهٔ مداراتی هستند که موازی یکدیگر روی کرهٔ زمین رسم شده‌اند.

اساس این ترسیم مبتنی بر فرمولهایی به شرح زیر است:

الف ـ طریقهٔ پیداکردن مرکز دایره یا نقطه M برای ترسیم تصویر دایره

ب ـ محاسبهٔ شعاع دوایر المقنطرات

الف ـ آنچه در مورد ترسیم خطوط المقنطرات مورد نیاز است داشتن محل نقطه و تصویر جای قطب زمین روی صفحه است که برای پیداکردن آن از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$OM=\frac{R}{2}\left[\cot\frac{\phi+A}{2}-\tan\frac{\phi-A}{2}\right]$$

1 Almocantar

OM = فاصلهٔ مرکز صفحه تا مرکز دایرهٔ المقنطره

R = مقدار شعاع دایرهٔ استوا که براساس توضیح طریقهٔ محاسبهٔ خط استوا در فصل گذشته آن را برابر با ۴۵ میلی متر انتخاب کردیم.

ϕ = عرض جغرافیایی هر محل که می‌توان آن را ۲ درجه به ۲ درجه محاسبه یا برای هر محل جداگانه محاسبه کرد.

مدارات از صفر الی نود درجه که در اسطرلاب و سایر محاسبات آن ۶ درجه به ۶ درجه ترسیم شودند.

جدول صفحه بعد مقادیر فاصله OM را نشان می‌دهد که برای ۳۰ تا ۴۴ درجهٔ عرض شمالی براساس فرمول فوق محاسبه شده است.

برای مثال می‌خواهیم روی مدار ۴۸ درجه تصویر دایرهٔ مدار را برای ۳۶ درجهٔ عرض شمالی محاسبه و ترسیم کنیم:

$$OM=\frac{1}{2}R\left[\cot\frac{\phi+A}{2}-\tan\frac{\phi-A}{2}\right]$$

$$OM=\frac{45}{2}R\left[\cot\frac{36+48}{2}-\tan\frac{36+48}{2}\right]$$

$$OM=22/5[\cot 42-(\tan-6)]$$

$$OM=22/5\ (1/1106+0/1050)$$

$$OM=22/5\times1/21=27/4\ \text{mm}$$

که مقدار مذکور از نقطهٔ قطب منطقةالبروج به طرف شمال باید ۲۷/۴ میلی‌متر باشد.

ب ـ بعد از آن که نقاط مختلف مراکز دوایر مورد نظر محاسبه شد، برای رسم المقنطرات احتیاج به دانستن مقدار شعاع آن داریم، از این لحاظ برای به دست آوردن شعاع یکایک دوایر نامبرده که مرکز آنها بر اساس جدول قبلی و فرمول آن به دست آمده است مقنطرات را رسم می‌کنیم با این تفاوت که در فرمول شعاع مقنطرات کوتانژانت $\frac{\phi+A}{2}$ به تانژانت $\frac{\phi+A}{2}$ اضافه می‌شود، بنابراین جدول شمارهٔ ۲ طریقهٔ محاسبه و شعاع یکایک دوایر مذکور را نشان می‌دهد. در شکل ۸۵ دوایر المقنطرات در مدارات ۳۰ ـ ۳۲ ـ ۳۴ ـ ۳۶ ـ ۳۸ ـ ۴۰ ـ ۴۲ ـ ۴۴ درجه براساس فرمول فوق ترسیم شده‌اند. شکل ۸۶ المقنطرات یک پلانی اسفر با جوان نمای

جدول شمارهٔ ۲ تعیین مقدار (r) وقتی که R=۴۵ میلی متر باشد

ϕ_A°	۳۰°	۳۲°	۳۴°	۳۶°	۳۸°	۴۰°	۴۲°	۴۴°
۰°	۹۰/۰	۸۴/۹	۸۰/۴	۷۶/۶	۷۳/۱	۷۰/۰	۶۷/۲	۶۴/۸
۶°	۷۴/۰	۷۰/۵	۶۷/۴	۶۴/۶	۶۲/۱	۵۹/۹	۵۷/۸	۵۶/۰
۱۲°	۶۲/۲	۵۹/۶	۵۷/۴	۵۵/۷	۵۳/۵	۵۱/۷	۵۰/۲	۴۸/۸
۱۸°	۵۲/۹	۵۱/۰	۴۹/۳	۴۷/۷	۴۶/۳	۴۴/۹	۴۳/۷	۴۲/۶
۲۴°	۴۵/۳	/۴۳/۹	۴۲/۵	۴۱/۳	۴۰/۳	۳۹/۲	۳۸/۲	۳۷/۳
۳۰°	۳۹/۰	۳۷/۸	۳۶/۸	۳۵/۸	۳۵/۱	۳۴/۱	۳۳/۳	۳۲/۶
۳۶°	۳۳/۵	۳۲/۵	۳۱/۷	۳۱/۰	۳۰/۳	۲۹/۶	۲۹/۰	۲۸/۴
۴۲°	۲۸/۶	۲۷/۹	۲۷/۲	۲۶/۶	۲۶/۱	۲۵/۵	۲۵/۰	۲۴/۵
۴۸°	۲۴/۲	۲۳/۶	۲۳/۱	۲۲/۶	۲۲/۲	۲۱/۷	۲۱/۳	۲۰/۹
۵۴°	۲۰/۲	۱۹/۷	۱۹/۳	۱۸/۹	۱۸/۶	۱۸/۲	۱۷/۹	۱۷/۶
۶۰°	۱۶/۵	۱۶/۱	۱۵/۸	۱۵/۵	۱۵/۲	۱۴/۷	۱۴/۶	۱۴/۴
۶۶°	۱۲/۹	۱۲/۷	۱۲/۴	۱۲/۱	۱۲/۰	۱۱/۸	۱۱/۶	۱۱/۴
۷۲°	۹/۶	۹/۴	۹/۲	۹/۰	۸/۹	۸/۷	۸/۶	۸/۴
۷۸°	۶/۳	۶/۲	۶/۱	۶/۰	۵/۹	۵/۸	۵/۷	۵/۶
۸۴°	۳/۱	۳/۱	۳/۰	۳/۰	۲/۹	۲/۹	۲/۸	۲/۸
۹۰°	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰

$$r = \frac{1}{2}R\left[\cot\frac{\phi\text{-}A}{2}+\tan\frac{\phi\text{-}A}{2}\right]$$

ϕ = Latitude

A = Altitude

شکل ۸۴. جدول رسم المقنطرات بعد از تعیین مرکز M

مسطح آمریکایی را نشان می‌دهد که با دقیقترین وسایل ترسیمی که قبلاً با کامپیوتر محاسبه شده ترسیم شده است.

رسم خطوط نصف‌النهار

خطوط نصف‌النهار عبارت از تعدادی از عظمیترین دوایری‌اند که از نقطه‌ای در قطبین زمین می‌گذرند و عمود بر مدارات بوده آنها را قطع می‌کنند و بر خط مدار هر نقطه عمود هستند. تابش آفتاب به حالت عمودی بر هر خط نصف‌النهار آن لحظه را ظهر آن محل می‌خوانند بنابراین کرهٔ زمین دارای ۳۶۰ خط نصف‌النهار است که نمایندهٔ حرکت ۲۴ ساعت شبانه روزاند، به همین لحاظ در می‌یابیم که در مقابل هر یک ساعت حرکت زمین ۱۵ خط نصف‌النهار از مقابل خورشید عبور می‌کند.

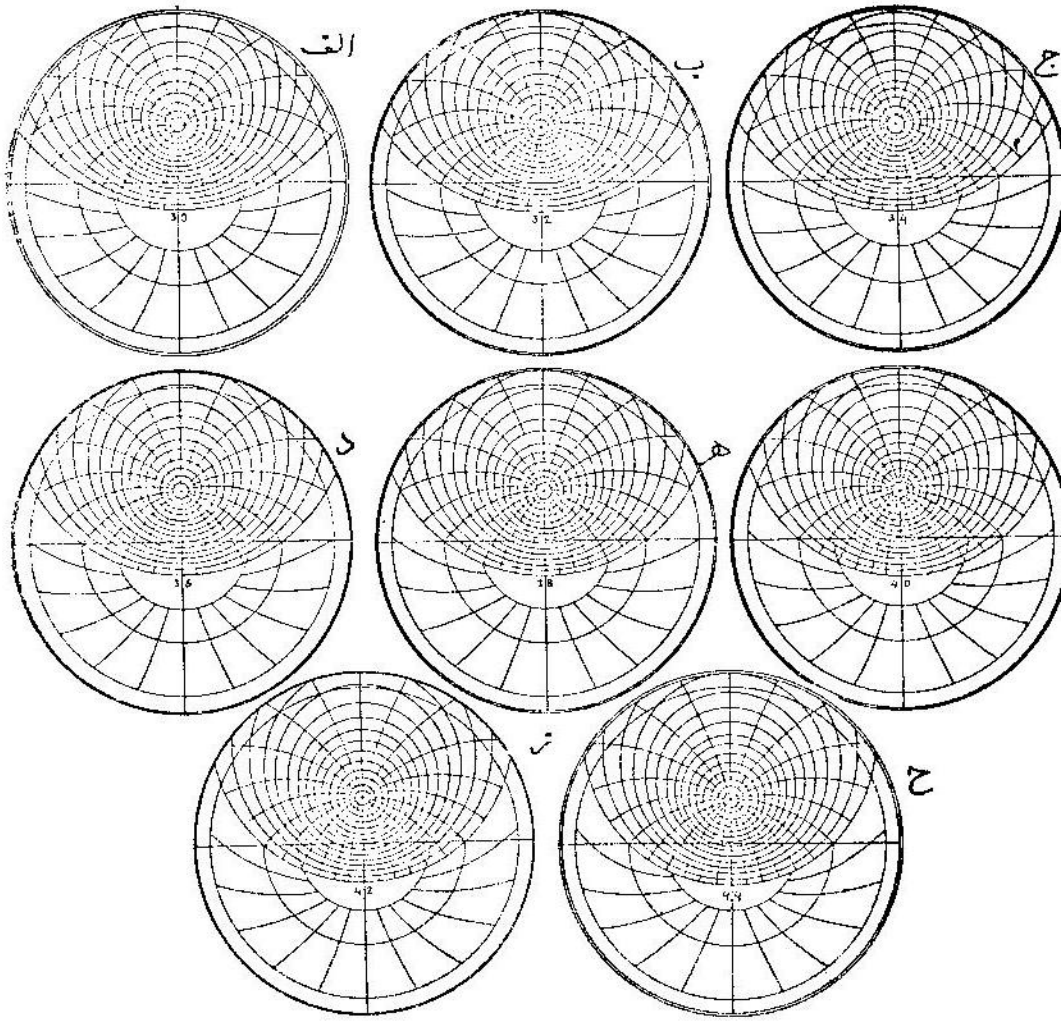
همان طوری که در صفحات قبل توضیح داده شد خط نصف‌النهار صفر یا مبدأ از رصدخانهٔ گرینویچ است که قسمت شرقی آن به ۱۸۰ درجه و قسمت غربی آن هم به ۱۸۰ درجه تقسیم شده است. بنابراین نصف‌النهارات هر محل شرقی یا غربی گرینویچ هستند. نصف‌النهار "۵۸ - ′۲۱ - °۵۱ غربی گرینویچ از کشور ایران می‌گذرد که اگر صفر را نصف‌النهار مبدأ قرار دهیم خط "۵۸ - ′۲۱ - °۵۱ درجه خطی است که از تهران می‌گذرد و نصف‌النهار کشور ایران خواهد بود (شکل ۸۹).

برای ترسیم هر یک از خطوط نصف‌النهارات در ابتدا با مراجعه به جدول OZ یا OM فاصلهٔ نقطهٔ Z را از O پیدا می‌کنیم، زیرا محل مدار صفر درجه همان محل تلاقی کلیهٔ نصف‌النهاراتی است که به قطب ختم می‌شود؛ بنابراین OM مساوی OZ است چون Aبرابر با ۹۰ درجه است و Q برای مدار ۳۰ درجه است، بنابراین OZ یا OM از فرمول زیر به دست خواهد آمد:

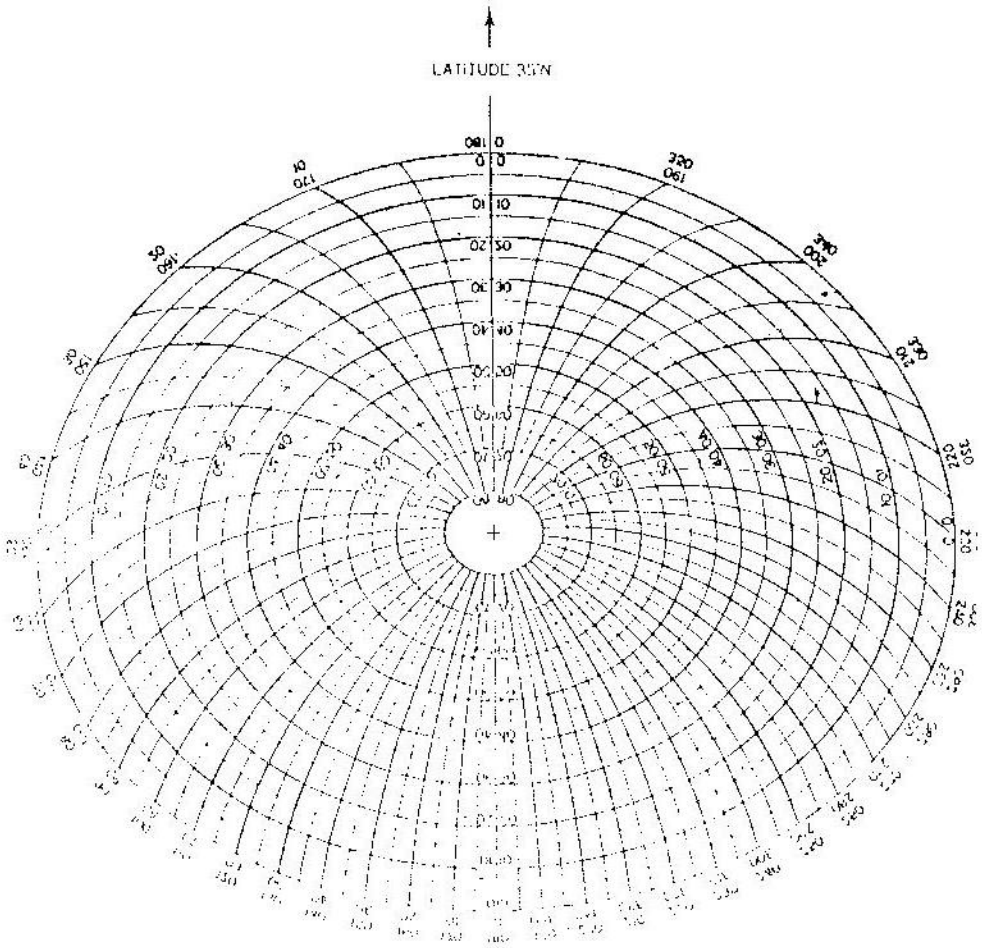
$$OZ=\frac{1}{2}R\left[\cot\frac{\phi+A}{2}-\tan\frac{\phi-A}{2}\right]$$

$$OZ=\frac{45}{2}[\cot 60-(\tan-60)]$$

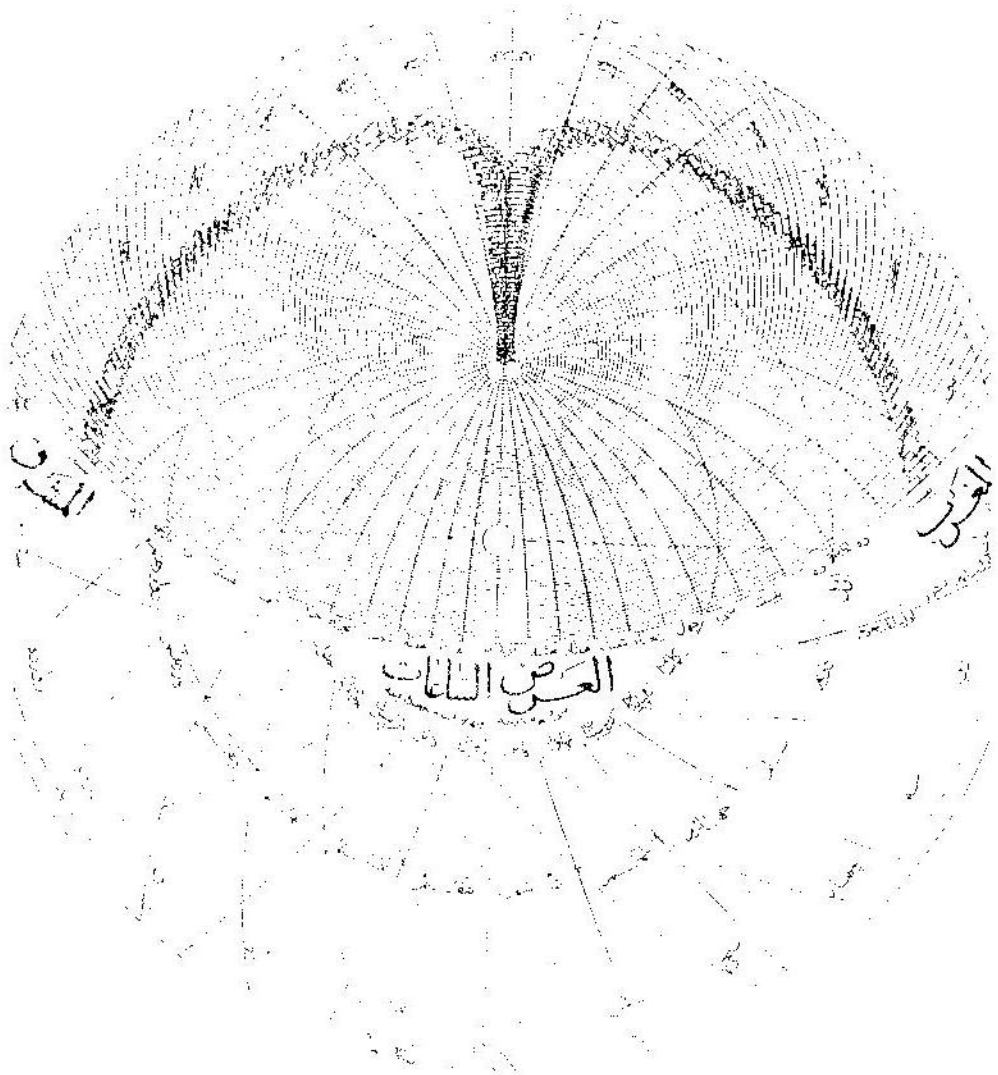
$$OZ=22/5(0/5773+0/5773)$$



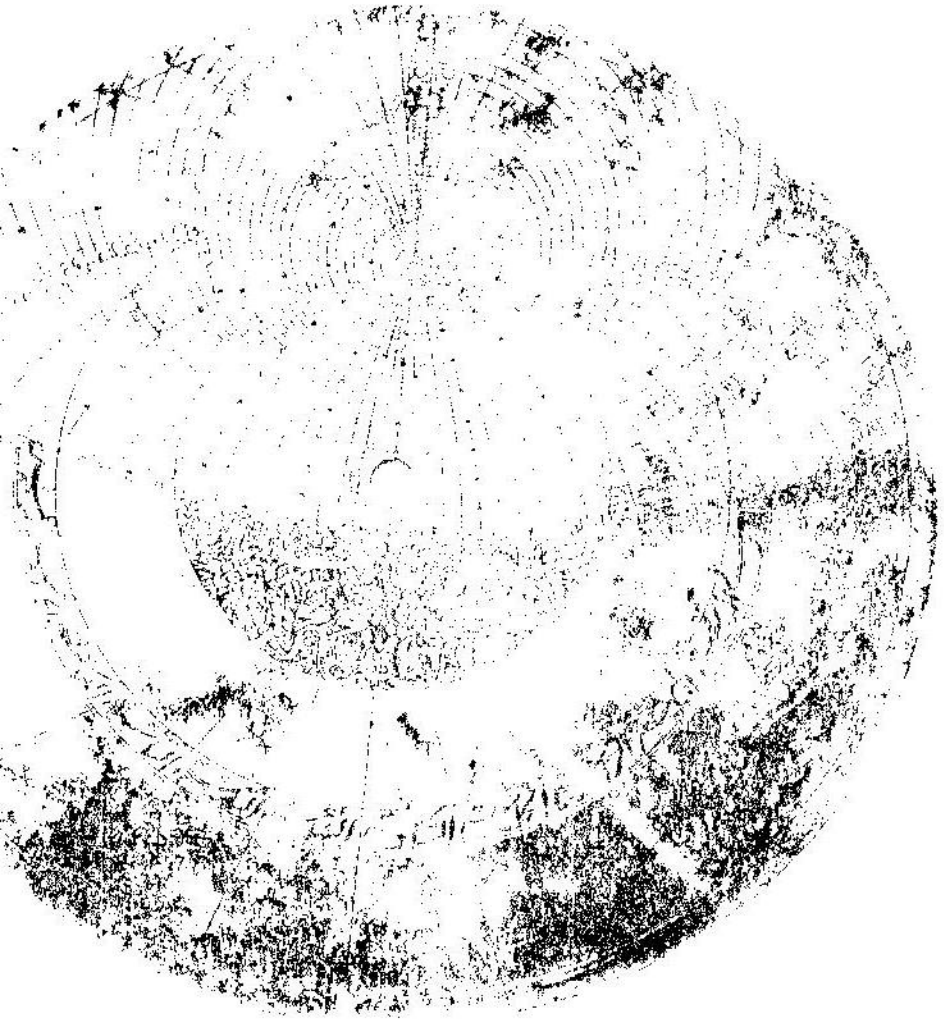
شکل ۸۵. خطوط المقنطرات در مدارات مختلف



شکل ۸۶. رسم خطوط المقنطرات برای عرض ۳۵ درجه با ترسیم کامپیوتر



شکل ۸۷. رسم و هندسی خطوط [illegible]



شکل ۸۶. شاهکار صنعت یک ابزار در ترسیم خطوط المقنطرات. باید با شکل ۸۶ که با کمپ
محاسبه و ترسیم شده مقایسه و بررسی شود. ساختهٔ سال ۱۰۷۰ هجری برابر با ۱۶۵۹ میلا

پس OZ مساوی با ۲۵/۹۴ میلی‌متر است که در جدول OM در مستطیل ۲۶ میلی متر نوشته شده است.

در شکل ۹۱ مقدار ON۰ یا ZN_{60} مورد نیاز است که از محاسبهٔ فرمول زیر به دست می‌آید:

$$ZN_{60} = \frac{1}{2}\left(\frac{OE^2}{OZ} + OZ\right)$$

$$ZN_{60} = \frac{1}{2}\left(\frac{OE^2}{OZ} - OZ\right)$$

چون مقدار شعاع OE برابر با ۴۵ میلی‌متر است و مقدار OZ برابر با ۲۶ است.

$$ZN_{60}{}^2 = \frac{1}{2}\left[\frac{45^2}{26} + 26\right]$$

بنابراین

$$DN_0 = \frac{1}{2}\left[\frac{45^2}{26} - 26\right]$$

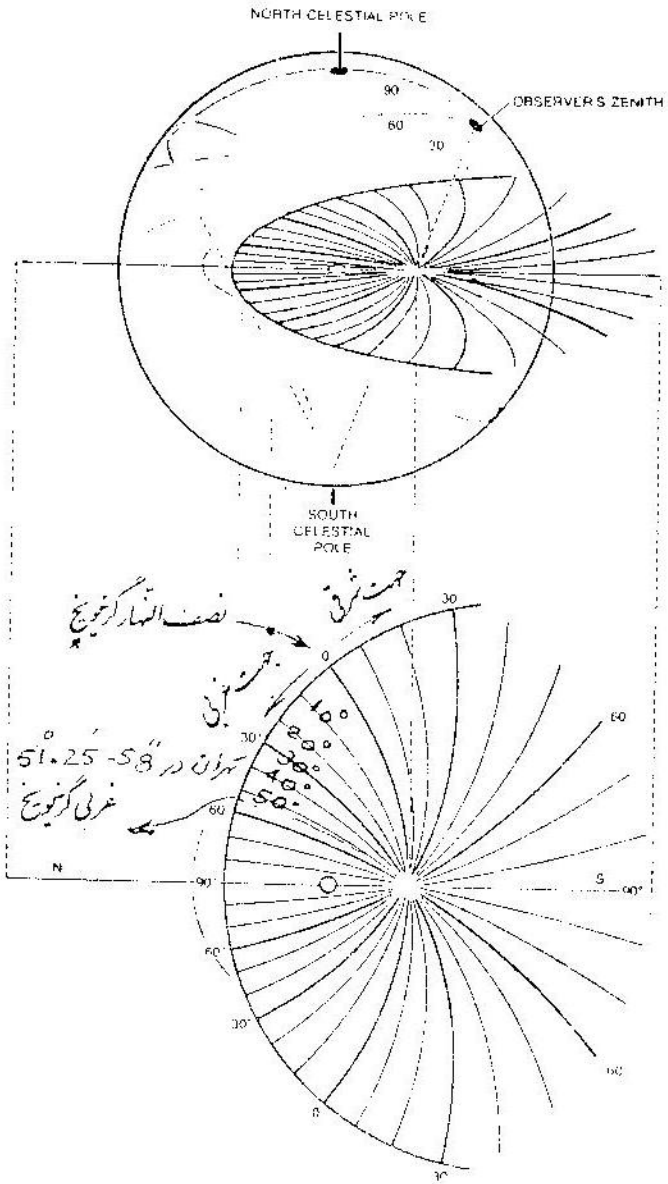
در نتیجه مقدار ZN_{60} برابر با ۵۱/۹۴ میلی متر و مقدار ON_0 برابر با ۲۵/۹۴ میلی‌متر خواهد بود. سپس دایره‌ای به شعاع ZN_0 و به مرکز N_0 رسم می‌کنیم که از Z و E و W بگذرد و به خط H در نقاط F و G برخورد کند.

قوس دایره‌ای که خط G-H را قطع می‌کند نخستین خط نصف‌النهار است و خط G-H محل کلیهٔ نقاط مرکز دوایر نصف‌النهاری هستند که باید از نقطهٔ Z عبور کنند.

حال چنانچه نصف‌النهاری ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰ درجه را بخواهیم رسم کنیم باید مراکز آنها روی خط G-H تعیین نماییم. برای پیداکردن مراکز قوسهای مذکور محاسبات زیر باید انجام شود:

۱. از نقطهٔ Z زاویهٔ $N.ZN_{30}$ راکه مقدار آن ۳۰ درجه است رسم می‌کنیم و آن را امتداد می دهیم تا خط G-H را در نقطهٔ N_{30} قطع کند. نقطهٔ N_{30} مرکز شعاع دایرهٔ خواسته شده است. با مراجعه به شکل ۹۰ طریقهٔ ترسیم خطوط نصف‌النهار دیگر نیز مشخص می‌شود.

در قسمت فوقانی شکل مذکور نصف‌النهار هر ۱۵ درجه به ۱۵ درجه رسم شده است که از نقطهٔ صفر شروع و به ۱۸۰ درجه ختم می‌شود و اصول ترسیم خطوط نصف‌النهار را نشان می‌دهد. شکلهای الف ـ ب ـ ج ـ د ـ هـ و ـ ز ـ ح شکل ۸۵ نصف‌النهارهای رسم شده روی مدارات ۳۰، ۳۲، ۳۴، ۳۶، ۳۸، ۴۰، ۴۲، ۴۴ هستند.

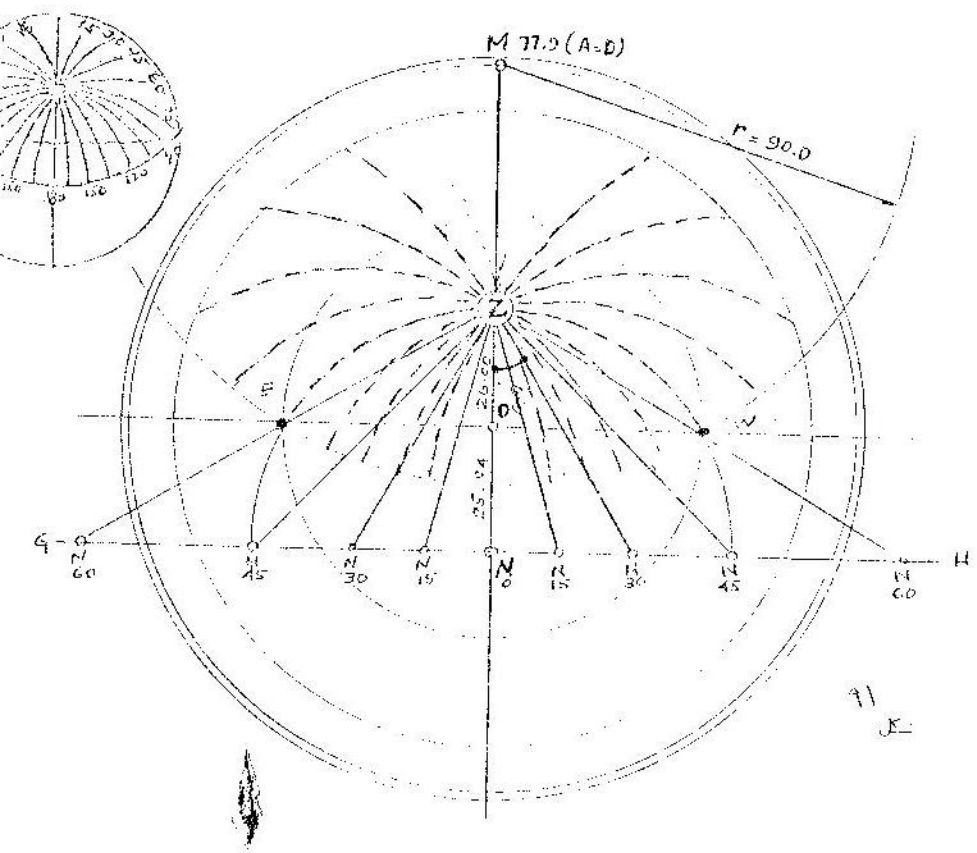


شکل ۸۹ ترسیم مسطحهٔ خطوط آزیموت

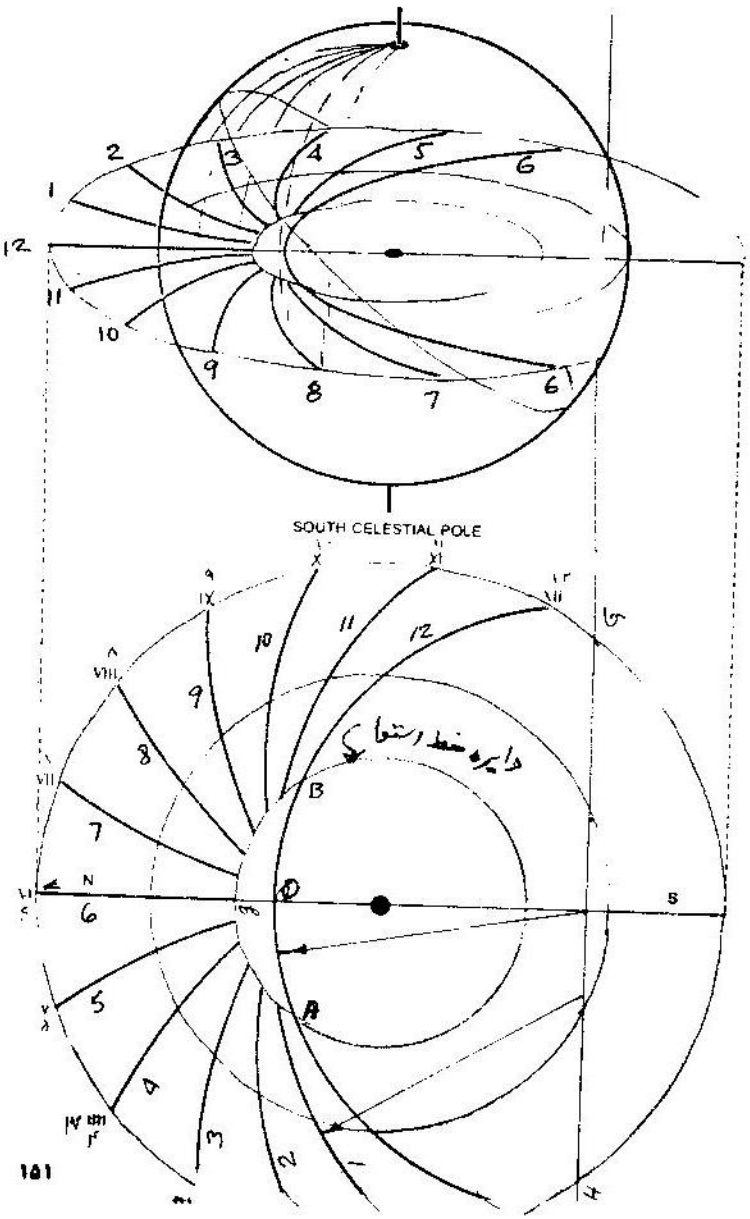
خطوط ساعات مُعَوّج

قبلاً در تعریف اسطرلاب گفته شد که اسطرلاب دستگاهی است که ساعات مختلف روز را تعیین می‌کند. برای تعیین ارقام ساعت روز منجمان و اسطرلاب سازان ترسیماتی بر صفحهٔ آفاقیه انجام داده‌اند که این ترسیمات را ساعات معوج نامیده‌اند. در شکل ۹۱ طریقهٔ ترسیم آن بر کره و تصویر آن که بر صفحهٔ اسطرلاب منتقل شده است دیده می‌شود. چون طول سایهٔ آفتاب در ظهر هر شهری که روی مداری از خط استوا واقع شده است با شهر دیگر فرق دارد، بنابراین قوسی که نشان دهندهٔ سایهٔ آفتاب در طول یک روز در یک شهرستان است در حقیقت همان مداری است که شهر مذکور بر آن واقع شده است، زیرا خورشید در خط استوا مسافتی برابر با طول یک قطر دایرهٔ کرهٔ زمین را می‌پیماید و هرچه رو به شمال حرکت کنیم طول قوسی را می‌پیماید که آخرین حد آن ۷۵٪ طول قوس پیرامون یک دایره است. در حالات شمارهٔ الف ـ ب ـ ج ـ د ـ هـ و ـ ز ـ ح شکل ۸۵ قوسهای رسم شده برای مدارات مختلفی محاسبه شده‌اند و هر چه مدار از ۳۰ به ۴۲ می‌رسد طول قوسهای رو به فزونی می‌گذارد و به همین ترتیب هر چه مدار از ۳۰ به صفر می‌گراید طول قوسها به خط استوا نزدیکتر می‌شود. در شکل ۹۱ فاصله بین قوس BOA را به ۱۲ قسمت تقسیم می‌کنیم: از I تا XII و نقاط مذکور را به دایرهٔ میانی که خط استواست وصل می‌کنیم. خط

VI - g همان خط شمال جنوب است (N-S) که برابر با ساعت ۱۲ است. مطلب قابل توجه در صفحات صفحهٔ اسطرلاب این است که قوس XIIBOAI نمودار حرکت ظاهری آفتاب در آسمان شهری است که مدار آن قوس BOA است (شکل ۹۱)، به همین دلیل هر چه مدار از شهر مذکور نزدیک خط استوا باشد طول قوس کمتر خواهد بود، به طوری که روی خط استوا تقسیمات ساعات روز درست از قطر دایره شروع و برابر با نیمی از دایره خواهد شد؛ به همین دلیل درمی‌یابیم که حرکت خورشید در طول خط استوا ۱۲ ساعت است و هرچه رو به قطب حرکت کنیم قوس (XII-VI) طولانی‌تر خواهد شد. دقیقاً می‌توان حساب کرد خورشید در شهری که در روی مدار ۶۰ درجه است در ایام تابستان چه مدت در آسمان خواهد بود و از این راه طول شبانه روز هر شهری روی هر مداری از طریقهٔ ترسیم ساعات معوج به دست می‌آید.



شکل ۹۰. ترسیم نصف‌النهارات از قطب



شکل ۹۱. ترسیم خطوط ساعات معوج بر صفحه

محاسبهٔ مقدار زاویهٔ انحراف شهرها در اسطرلاب

تعریف رو و پشت اسطرلابها (اوم وظهر).

به شکل ۹۳ داخل صفحهٔ ام سطرلاب محمدمهدی فرزند محمدامین خادم یزدی است که در سال ۱۰۷۰ هجری برابر با ۱۶۵۹ میلادی ساخته شده است.

در اسطرلاب محمدمهدی یزدی ۱۵ دایره دیده می‌شود که هر دایره به چهل قسمت تقسیم شده و شامل مشخصاتی به شرح زیر است:

۱. دایرهٔ اولی و فوقانی «البلاد» نامیده می‌شود که نام و اسامی شهرها در جهت حرکت عقربهٔ ساعت در روی دایرهٔ مذکور بدین شرح نوشته شده است: سمنان، استرآباد، کشور گیلان، طالقان، ری، قم، کاشان، اصفهان، خرقان، قزوین، همدان، یزد، شیراز، کازرون، اهواز، شوشتر، بصره، واسط، بغداد، کوفه، سرمن رای، ابهر، اردبیل، تبریز، مراغه، نخجوان، اربیل، موصل، قسطنطنیه، حلب، دمشق، بیت‌المقدس، لحسا، صنعا، مصر، قاهره، طرابلس، قیروان، مدینه و مکه.

۲. دایرهٔ دوم «الاطوال»[1] است که مقدار طول جغرافیایی هر یک از شهرهای فوق به صورت حرف ابجد نوشته شده که حرف اول درجه و حرف دوم دقیقه است.

به عنوان مثال زیر شهر استرآباد نوشته شده (فط له) یعنی ۸۹ درجه و ۳۵ دقیقه (ف = ۸۰، ط = ۹۰ ر = ۳۰ و ه = ۵ است).

۳. دایرهٔ سوم «العروض» است که مقدار عرض جغرافیایی هر یک از شهرستانها زیر نام یکایک آنها نوشته شده است. مثلاً زیر نام طالقان نوشته شده (لوی) که به حساب ابجد لو ۳۶ درجه و ی ۱۰ دقیقه است.

۴. دایرهٔ چهارم «الانحراف» است که مقادیر زاویهٔ انحراف یکایک شهرها نسبت به شهر مکه را ذکر کرده است. مثلاً زیر نام «کشور گیلان» مقدار «لب ح» نوشته شده است که براساس حساب ابجد برابر با ۲۹ درجه و ۲۶ دقیقه است.

۵. دایرهٔ پنجم جهات یکایک شهرستانها نسبت به مکه است. زیرا زیر ستون مکه (ϵϵ) نوشته شده که به معنی جهت خود شهر مکه نسبت به شهر صفر درجه ـ صفر دقیقه است. (ϵ) علامت صفر است)، (غج) به معنی جنوب غربی، غش (شمال غربی)، شش (شمال شرقی)، و

---

۱. در اسطرلاب به همین صورت نوشته شده است و منظور طولهای جغرافیایی شهرهاست.

جدول شمارهٔ ۳ برای تعیین مقدار(OZ)یا OMوقتی که R=۴۵ میلی متر باشد.

ϕ_A°	۳۰°	۳۲°	۳۴°	۳۶°	۳۸°	۴۰°	۴۲°	۴۴°
۰°	۷۷/۹	۷۲/۰	۶۶/۷	۶۱/۹	۵۸/۵	۵۳/۶	۵۰/۰	۴۶/۶
۶°	۶۴/۵	۶۰/۱	۵۶/۲	۵۲/۶	۴۹/۲	۴۶/۱	۴۳/۲	۴۰/۵
۱۲°	۵۵/۰	۵۱/۷	۴۸/۶	۴۵/۸	۴۳/۰	۴۰/۵	۳۸/۱	۳۵/۹
۱۸°	۴۸/۲	۴۵/۵	۴۲/۹	۴۰/۶	۳۸/۳	۳۶/۲	۳۴/۲	۳۲/۲
۲۴°	۴۳/۰	۴۰/۷	۳۸/۶	۳۶/۶	۳۴/۷	۳۲/۸	۳۱/۱	۲۹/۴
۳۰°	۳۹/۰	۳۷/۰	۳۵/۲	۳۳/۵	۳۱/۸	۳۰/۲	۲۸/۶	۲۷/۱
۳۶°	۳۵/۸	۳۴/۱	۳۲/۵	۳۱/۰	۲۹/۵	۲۸/۰	۲۶/۶	۲۵/۲
۴۲°	۳۳/۳	۳۱/۸	۳۰/۳	۲۹/۰	۲۷/۶	۲۶/۳	۲۵/۰	۲۳/۷
۴۸°	۳۱/۳	۳۰/۰	۲۸/۶	۲۷/۴	۲۶/۱	۲۴/۹	۲۳/۷	۲۲/۵
۵۴°	۲۹/۸	۲۸/۵	۲۷/۲	۲۶/۱	۲۴/۹	۲۳/۷	۲۲/۶	۲۱/۵
۶۰°	۲۸/۷	۲۷/۳	۲۶/۱	۲۵/۰	۲۳/۹	۲۲/۸	۲۱/۸	۲۰/۷
۶۶°	۲۷/۶	۲۶/۴	۲۵/۳	۲۴/۳	۲۳/۲	۲۲/۱	۲۱/۱	۲۰/۱
۷۲°	۲۶/۹	۲۵/۷	۲۴/۷	۲۳/۷	۲۲/۷	۲۱/۶	۲۰/۶	۱۹/۶
۷۸°	۲۶/۴	۲۵/۳	۲۴/۲	۲۳/۲	۲۲/۲	۲۱/۶	۲۰/۶	۱۹/۳
۸۴°	۲۶/۱	۲۵/	۲۴/۰	۲۳/۰	۲۲/۰	۲۱/۰	۲۰/۱	۱۹/۲
۹۰°	۲۶/۰	۲۴/۹	۲۳/۹	۲۲/۹	۲۱/۹	۲۱/۰	۲۰/۰	۱۹/۱

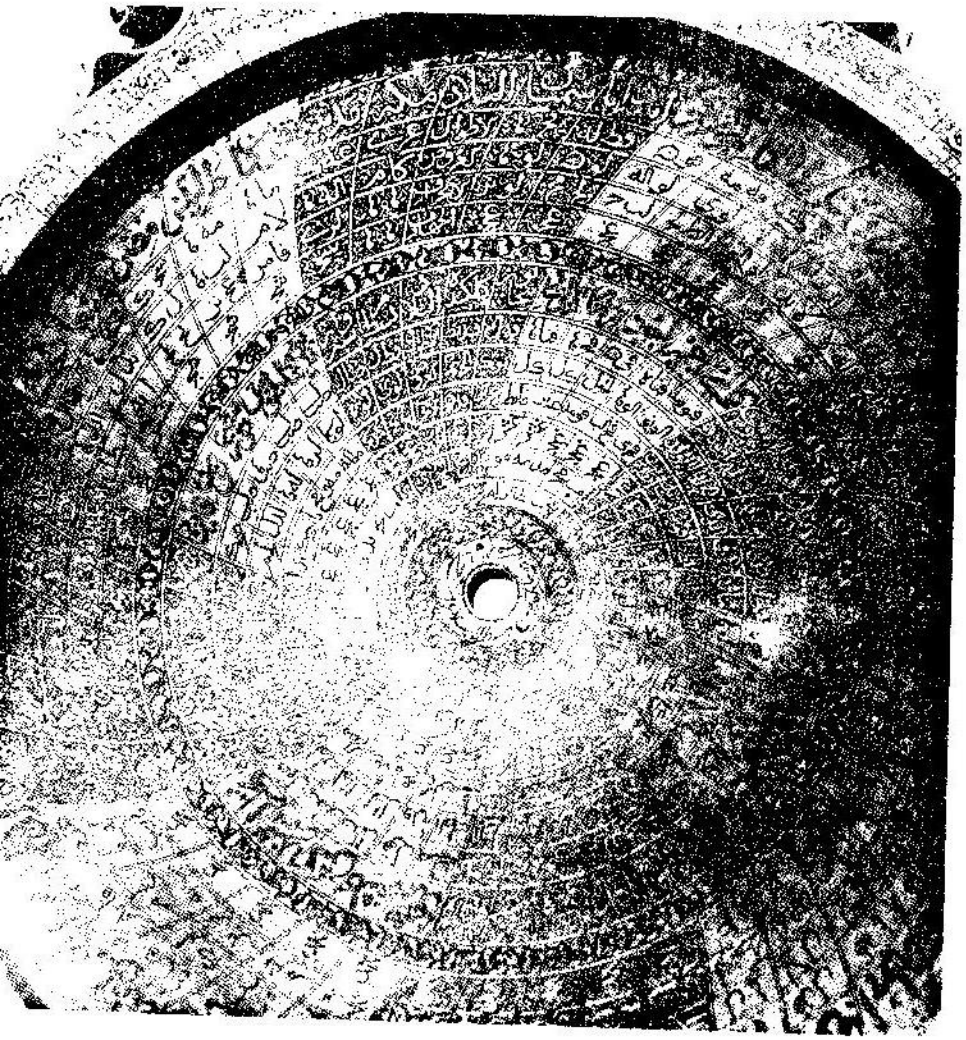
$$OM=\frac{1}{2}R\left[\cot\frac{\phi-A}{2}-\tan\frac{\phi-A}{2}\right]$$

ϕ = Latitude = عرض جغرافیائی

A = Altitude = ارتفاع

فرمول طریقهٔ پیداکردن مرکز دایرهٔ مدارات در عرض ۳۰ الی ۴۴ درجه

شکل ۹۲



شکل ۹۳. مشخصات جغرافیائی شهرها

(شج) جنوب شرقی است.

۶. دایرهٔ پنجم دایره‌ای است که نام و مشخصات شهرها را از شهر دیگر جدا می‌کند

۷. دایرهٔ هفتم ردیفی دیگر از بقیهٔ نام شهرها است که باز در جهت حرکت عقربهٔ ساعت نوشته شده است که عبارتند از کلکنده (کلکته)، پنجاب‌نو، دولت آباد، برهان پور، اُجین[1] پلور، رقه، اجمیر، کالیبی، قنوج، دهلی، دبیل، چین، خجند، کشمیر، تبت، اگره، لهاور، ملتان، قندهار، خبیص، نرماشیر، بردسیر، کاشغر، کشن، سمرقند، بخارا، بدخشان، بلخ، کابل، مرو، زوزن، قائن، تون (طبس)، ترشیز، طوس، نیشابور، سبزوار، و بسطام.

۸. دایرهٔ هشتم مقادیر طول جغرافیایی شهرهای فوق است.

۹. دایرهٔ نهم مقادیر عرضی جغرافیایی

۱۰. دایرهٔ دهم مقادیر زوایای انحراف از شهر مکه

۱۱. دایرهٔ یازدهم جهات هشتگانه

۱۲. دایرهٔ دوازدهم دایرهٔ عروضی[2] شهرهای فوق است.

۱۳. دایرهٔ سیزدهم طول ساعات شهرهای مذکوراست.

۱۴. دایرهٔ چهاردهم دایرهٔ تزییناتی است که با شاخ و برگهایی تزیین شده است.

۱۵. دایرهٔ پانزدهم نیم بیت شعری است که متأسفانه توسط سازندهٔ اسطرلاب نوشته نشده بلکه شخص دیگری نیم بیت مذکور را با خط ناشیانه‌ای بر دایرهٔ پانزدهم اضافه کرده است.

(شکل ۷۲) داخل حجرهٔ اسطرلابی است که برای شاه عباس ثانی در سال ۱۰۵۷ هجری برابر با سال ۱۶۴۷ میلادی ساخته شده است. مقایسهٔ محاسبهٔ عرض جغرافیایی شهرها با مشخصات فعلی شهرهایی که نام آنها بر اسطرلاب نوشته شده بسیار جالب است. به عنوان مثال نام تعدادی از شهرها در جهت عکس حرکت عقربهٔ ساعت در زیر ذکر شده است.

۱	ساوه	که ـ ε	۳۵ درجه ـ صفر دقیقه	۳۵ درجه ـ ۲ دقیقه

۱. اجین یا (اوزین) همان قلعهٔ اوزین است که آن را «فیلالاوزین» هم نام گذاشتند و منظور قلعه و شهر «کنگ دژ» است که در جنوب هندوستان و می‌گویند که به دستور سیاوش ساخته شده و مدتها محل انتخاب نصف‌النهار بود.

کنون بشنو از کنگ دژ داستان — بدین داستان باش همداستان
که چو کنگ‌دژ در جهان جای نیست — بسر آن مساد ار مسینی دلارای نیست
کسه آن را سیاوش برآورده بود — بسی اندرو رنجها برده بود
ز کنگ سیاوخش گوییم سخن — وز آن شهر و آن داستان کهن

(ابوریحان)

۲. مثل هر یک از شهرها را دایرهٔ عرضی می‌گوید.

۲	همدان	له ـ ی	۳۵ درجه ۱۰ دقیقه	۳۴ درجه ۴۷ دقیقه
۳	یزد	لب ـ ε	۳۲ درجه صفر دقیقه	۳۱ درجه ۵۲ دقیقه
۴	شیراز	سط ـ لو	۲۹ درجه ۳۶ دقیقه	۲۹ درجه ۳۶ دقیقه
۵	اردبیل	لح ـ ε	۳۷ درجه صفر دقیقه	۳۸ درجه ۱۵ دقیقه
۶	تبریز	لح ـ ε	۳۷ درجه صفر دقیقه	۳۸ درجه ۴ دقیقه
۷	مراغه	لر ـ ک	۳۴ درجه ۲۰ دقیقه	۳۷ درجه ۲۷ دقیقه
۸	کاشان	لد ـ ε	۳۴ درجه صفر دقیقه	۳۳ درجه ۵۹ دقیقه
۹	قم	لد ـ مه	۳۴ درجه ۴۵ دقیقه	۳۴ درجه ۳۸ دقیقه
۱۰	شهرری(تهران)	له ـ ε	۳۵ درجه صفر دقیقه	۳۵ درجه ۴۱ دقیقه
۱۱	سمنان	لو ـ ε	۳۶ درجه صفر دقیقه	۳۵ درجه ۳۳ دقیقه

در داخل بعضی صفحات ۱۰ دایره است که به سوراخ وسطی (محل میلهٔ قطب) ختم می‌شود. دایرهٔ اولی تزییناتی است، سپس «الاسماء البلاد»، «الطول»، «العرض»، «الانحراف»[1] و مجدداً دایرهٔ نام شهرها، طول، عرض، و جهت انحراف نسبت به قبلهٔ شهرهایی است که نام آنها بر صفحهٔ اسطرلاب نوشته شده است. با مراجعه به پشت اسطرلابها ملاحظه می‌شود که قوسهایی در ربعهای شمارهٔ ۱ و ۲ رسم شده است. در اکثر اسطرلابها این قوسها در ربع دوم رسم می‌شوند.

در بعضی اسطرلابها در ربع دوم دو قوس مخالف یکدیگر رسم می‌شوند. در ربع دوم از ربع دایرهٔ وسطی که جملهٔ «خطوط سَموات ـ قبلة فی‌البلاد المرقوم علی اطرافها به ارتفاع‌الغربی» نوشته شده، دوگونه قوس یکی در جهت چپ و دیگری در جهت راست کشیده شده است که به پیرامون ربع دوم ختم می‌شوند و در کنار رأس این خطوط زیر پیرامون لغات «کوفه، بغداد، بصره، اصفهان، مشهد» نوشته شده است.

منظور از خطوط سَموات همان خطوط آزیموت است که آن را سمت الرأس خوانده‌ایم. اروپاییان به جای سَموات لغت «زیماوت» و «آزیموت»[2] را انتخاب کرده‌اند.

۱. بر سر همه کلمات (ال) گذاشته شده است.

2. Azimoth

برای محاسبه و رسم قوس عرض و جهت انحراف بلاد نام شهرهای داخلی صفحهٔ «ام» یا داخل صفحه یا داخل حجره به ترتیب زیر عمل می‌کنیم.

طریقهٔ محاسبهٔ انحرافها و طول و عرض شهرها: برای ترسیم و محاسبهٔ چنین خطوطی باید از فرمول «استخراج ظهر و قبله» استفاده کرد. قبل از شروع چنین محاسبه‌ای بررسی روابط بین اجزای یک مثلث کروی ضروری است، به همین خاطر به شرح مختصری در این باره می‌پردازیم. روابطی که بین اجزای یک مثلث کروی برای ۳ ضلع و سه زاویه برقرار می‌شوند رابطه‌ای است که همواره بین ۴ جزء آن برقرار است. رابطهٔ ترکیبی از ۶ جزء به ۴ جزء به صورت زیر صورت می‌گیرد:

$$C_6^4 = \frac{1\times2\times3\times4\times5\times6}{1\times2\times3\times4\times(6-4)} = 15$$

این ۱۵ رابطه را به ۴ دسته تقسیم می‌کنیم:

الف ـ ۳ رابطه برای دستهٔ اول سه ضلع و یک زاویه

ب ـ ۳ رابطه برای دستهٔ دوم سه زاویه و یک ضلع

ج ـ ۳ رابطه برای دستهٔ سوم دو ضلع و دو زاویه

د ـ ۶ رابطه برای دستهٔ چهارم یک ضلع و یک زاویه

امروز در دورهٔ ریاضیات عالی برای حل این مسائل از سیستم گوس، رابطهٔ بوردا، رابطهٔ دولامبر، رابطهٔ سیمون لویبر، و از همه مهمتر از رابطهٔ انالوژی «نپر» و «لاگرانژ» و «لوژاندر» استفاده می‌شود، در نتیجه حالت کلی مثلث غیر مشخص در صورتی که مقدار اضلاع b,a و زاویهٔ c معلوم باشند تبدیل می‌شود به

$$\operatorname{tag}\frac{A+B}{2} = \frac{\cos\frac{a-b}{2}}{\cos\frac{a+b}{2}}\operatorname{cotg}\frac{c}{2}$$

$$\operatorname{tag}\frac{A-B}{2} = \frac{\operatorname{sim}\frac{a-b}{2}}{\operatorname{sim}\frac{a+b}{2}}\operatorname{cotg}\frac{c}{2}$$

در نتیجه برای به دست آوردن مقدار انحراف قبلهٔ شهر مکه از تهران محاسبات زیر را به

ترتیبی که شرح داده می‌شود انجام می‌دهیم:

O_1 T= Longitude طول جغرافیایی نصف‌النهار تهران

O_2 M= Longitude طول جغرافیایی نصف‌النهار مبدأ تا مکه

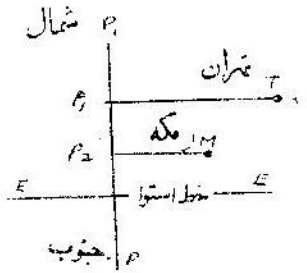
O_1 -- O= خط نصف‌النهار

TEH = O_1 T ۱۵ درجه و ۲۵ دقیقه و ۵۸ ثانیه

MEC = O_2 M ۳۹ درجه و ۵۰ دقیقه و صفر ثانیه

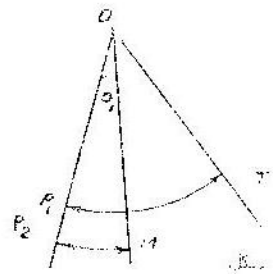
عرض جغرافیایی تهران از خط استوا ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳۹ ثانیه

عرض جغرافیایی مکه از خط استوا ۲۱ درجه و ۲۵ دقیقه و صفر ثانیه است.



در شکل ۹۴ خط P_1-P نصف‌النهار گرینویچ است که از قطبین می‌گذرد و خط E-E خط استواست. نقطهٔ M مکه و نقطهٔ T تهران است. قوس P_2M و P_1T در شکل ۹۴ Longitude یا زاویهٔ $T\hat{O}P_1$ طول جغرافیایی نصف‌النهار مبدأ تا مکه است. زاویهٔ $\hat{O}_1$ در مثلث کروی MÔT شکل ۹۵ برابر است با:

۹۴. مکان هندسی تهران بر نصف‌النهار یا طول جغرافیایی



$$P_1\hat{O}T\text{-}P_2OM$$

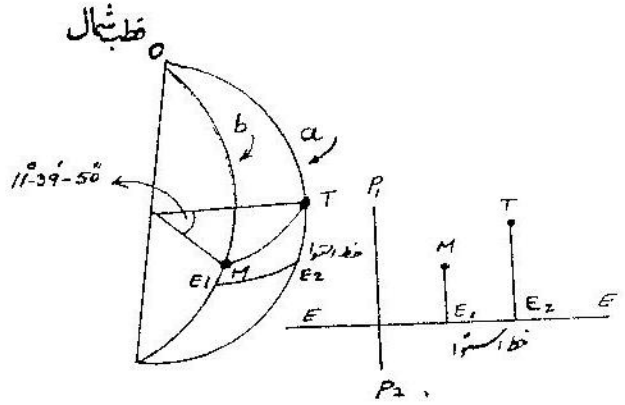
$$P_2\hat{O}T = 51°\text{-}25'\text{-}58''$$

$$P_2\hat{O}M = 39°\text{-}50'\text{-}00''$$

$$11°\text{-}35'\text{-}58''$$

۹۵. مقادیر زوایای قطبی دو نقطه بر طول جغرافیایی

حال طول قوس a و b را در شکل (۹۶) باید
پیداکنیم:
در شکل زیر داریم:



شکل ۹۶. فواصل عرض جغرافیایی دو نقطه بر مدار

قوس E_1M = عرض جغرافیایی[1] از خط استوا
تا شهر مکه برابر با ۲۱ درجه و ۲۵ دقیقه و
صفر ثانیه
قوس E_2T = عرض جغرافیایی از خط استوا تا
تهران برابر با ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳۸ ثانیه
آنچه می‌خواهیم به دست بیاوریم عبارت است
از: مقدار زاویهٔ قوس OT که برابر با (a)
با مراجعه به شکل بالا می‌نویسیم:

$$a = (90°)-(35°-41'-38") = 89°, 59', 60"$$

$$- \frac{35°, 41', 38"}{54 - 18 - 42}$$

1. Latitude

$$b = (90°)-(21°-25'-0") = 89, 59, 60 -$$

$$\frac{21, 25, 00}{68, 34, 60}$$

$$\hat{o} = 11° - 35' - 58"$$

$$\frac{\hat{o}}{2} = \frac{11° - 35' - 58"}{2} = 5° - 47' - 59"$$

حال مقدار زاویهٔ انحراف i را که به جای آن در فرمولهای زیر (A) قرار گرفته از فرمول :

$$\begin{cases} \operatorname{tag}\frac{A+B}{2} = \dfrac{\cos\frac{a-b}{2}\operatorname{cotg}\frac{\hat{o}}{2}}{\cos\frac{a+b}{2}} \\ \operatorname{tag}\frac{A-B}{2} = \dfrac{\sin\frac{a-b}{2}\operatorname{cotg}\frac{\hat{o}}{2}}{\sin\frac{a+b}{2}} \end{cases}$$

به دست می‌آوریم.

$$\operatorname{Cos}\frac{a-b}{2} = \operatorname{Cos}\frac{14 - 16 - 38}{2} = \operatorname{Cos}\ 7 - 8 - 19 = 0/0992$$

$$\operatorname{Cotg}\frac{\hat{o}}{2} = \operatorname{Cotg}\ 5 - 47 - 59 = \ldots\ldots = 9/844$$

$$\operatorname{Cos}\frac{a+b}{2} = \operatorname{Cos}\frac{122 - 53 - 22}{2} = \operatorname{Cos}\ 61° - 29' - 41" = 0/478$$

$$\operatorname{Si}\frac{a-b}{2} = \operatorname{Sin}\ 7° - 8' - 19" = \ldots\ldots = 0/124$$

$$\operatorname{Sin}\frac{a+b}{2} = \operatorname{Sin}\ 61 - 26 - 41 = \ldots\ldots = 0/878$$

در نتیجه:

$$\begin{cases} \operatorname{tag}\frac{A+B}{2} = \frac{0/992\times 9/844}{0/478} = 20/4293 \\ \operatorname{tag}\frac{A-B}{2} = \frac{0/124\times 9/844}{0/878} = 1/390 \end{cases}$$

عدد 20/4293 برابر با تانژانت 12' - 78°

و عدد 1/393 برابر با تانژانت $17' - 54°$ است،

بنابراین:

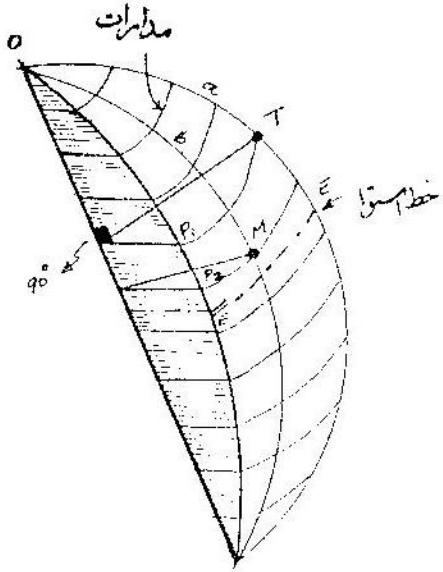
$$\begin{cases} \frac{A+B}{2} = 87 - 12 \\ \frac{A-B}{2} = 54 - 17 \end{cases}$$

چون برای محاسبه در فرمول مقادیر

$(\frac{a+b}{2}),(\frac{a-b}{2}),(a-b),(a+b)$

زاویهٔ $\hat{O}$ و همچنین مقدار $\frac{o}{2}$ مورد نیاز

است از این لحاظ:



شکل ۹۷. مکان هندسی دو شهر بر قاچی از کره

a+b
54 - 18 - 22+
68 - 34 - 60
122 - 52 - 82 = 122° - 53′ - 22″

a-b
68 - 34 - 60
54 - 18 - 22
14 - 16 - 38 = 14° - 16′ - 38″

$\frac{a+b}{2} = \frac{122 - 54 - 82}{2} = 61° - 26' - 41''$

A + B = 178 -24

A - B = 108 - 34

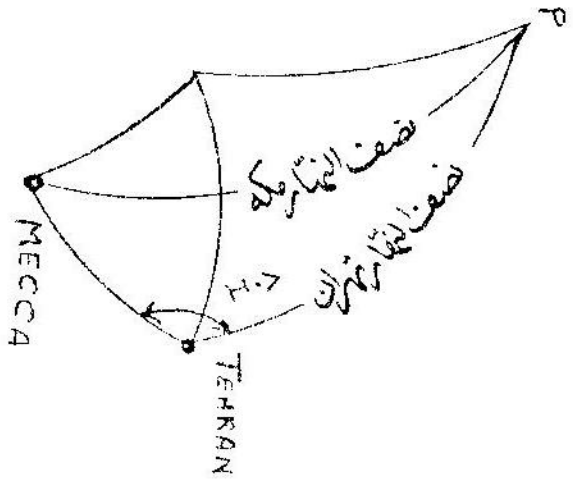
ZA = 282 - 58

A = 141 - 29

مقدار ۸ را از ۱۸۰ درجه کم می‌کنیم (شکل ۹۸)

(179 , 60) - (141 , 29) = 38° , 31′

مقدار زاویه Δ به دست می‌آید.



شکل ۹۸. محاسبهٔ مقادیر زوایای مثلثاتی در شهر مکه و تهران

خواجه نصیرالدین طوسی و فرمول مثلثات کروی

نظری به کوشش ایرانیان در مثلثات کروی

اکنون به شرح اسطرلابهایی که از ایرانیان باقی مانده و موزه‌های بزرگ جهان موجود است می‌پردازیم. اگر به اسطرلاب محمد مقیم یزدی که با دقت خاصی تهیه شده (شکل ۹۳) و یکی از دهها اسطرلابهای جالب دنیاست بنگریم با اعجاب زایدالوصفی در می‌یابیم که یکایک انحراف شهرها با توجه به کلیهٔ فرمولهای فوق محاسبه و بررسی و در اسطرلاب حک شده است. در این اسطرلاب برای انحراف شهر ری به حساب ابجد (لولو) نوشته شده است که حرف (ل) برابر با (۳۰) و (و) برابر با (٦) است، بنابراین مقدار لولو یعنی ۳٦ درجه و ۳٦ دقیقه است که با مراجعه به جدول انحراف شهرها که امروزه با توجه به کلیهٔ عوامل ژئوفیزیکی و ژئوگرافی براساس آخرین مطالعات به دست می‌آید برابر است با ۳۸ درجه و ۳۱ دقیقه (به نتیجهٔ محاسبات صفحهٔ قبل مراجعه شود). این می‌رساند که دانشمندان ایران در سال ۱۰۵۷ هجری برابر با سال ۱۶۴۷ میلادی یعنی در ۳۴۹ سال قبل مثلثات کروی را روی اسطرلاب حک کرده و از ۹۷۸ سال قبل هم آن را می‌شناختند و فرمول آن را به‌کار می‌بستند. جالب این است که در سال ۱۷۹۹ میلادی یعنی ۱۷۷ سال پس از اسطرلاب محمدمهدی یزدی و ۷۰۲ سال بعد از خواجه نصیرالدین طوسی (متوفی ۱۲۷۴ میلادی) که او هم مثلثات کروی را بحث کرده و آن را به نام «شکل‌السغنی» نامیده است و حالتهای آن را تجزیه و تحلیل کره و ۸۰۱ سال بعد از وفات ابوالوفا بوزجانی نیشابوری (متوفی ۹۹۸ میلادی) نابغهٔ ایرانی علم ریاضی و هندسهٔ جهان (که تعدادی از مسائل او هنوز به نام مسائل ابوالوفا در دانشگاههای معتبر جهان بحث و تفسیر می‌گردد)، یک ریاضیدان ایتالیایی به نام «لاگرانژ» فرمولهای مثلثات کروی را به نام خود انتشار داد.

کارلو آلفونسو نلینو محقق و دانشمند و شرق شناس و استاد دانشگاه مصر و دانشگاه پالرموی ایتالیا در کتابی به نام «علم‌الفلک» دربارهٔ دانش نجومی دورهٔ اسلام می‌نویسد:[1]

آنچه شایستهٔ ذکر است اینکه دانشمندان اسلامی در نیمهٔ دوم قرن چهارم هجری تناسب جیبهای اضلاع را با جیبهای زوایا در هر مثلث کروی به اثبات رسانیدند و این قاعده را شالودهٔ

۱. صفحهٔ ۳۰۳ کتاب تاریخ نجوم اسلامی اثر «کارلو آلفونسو نلینو» ترجمه استاد احمد آرام چاپ ۱۳۴۹

روش حل مثلثات کروی قرار دادند آن را شکل مغنی نامیدند[1].

خواجه نصیرالدین طوسی در کتاب «الشکل القطاع» چنین می‌نویسد:

«اصل دعاوی آن (یعنی دعاوی شکل مغنی) این است که نسبتهای جیبهای اضلاع مثلثی که از تقاطع قوسهای دوایر عظیم بر سطح کره حاصل می‌شود، مساوی نسبتهای جیبهای اضلاع مثلثی که از تقاطع قوسهای دوایر عظیم بر سطح کره حاصل می‌شود، مساوی نسبتهای زوایای مقابل این قوسهاست و عادت بر این جاری شده است که این حکم را ابتدا در مثلث قائم‌الزاویه به اثبات برسانند». در اقامهٔ برهان برای آن بر روشهای گوناگون رفته‌اند که همهٔ آنها را ابوریحان بیرونی (متوفی سال ۴۴۰ هـ ۱۰۴۸ م) در کتابی به نام «مقالید علم هیئت مایحدث فی بسیط‌الکره» و غیره گردآورده است. من از آن میان آنها راکه با یکدیگر مباینت بیشتر داشت برگزیدم تا این کتاب با رعایت شرط اختصار، جامع باشد و از روش امیر ابونصر علی بن عراق ابونصر منصور بن علی بن عراق استاد و ابوریحان) آغاز کردم، چه بنا برگمان ابوریحان وی در استعمال این قانون (منظور فرمول مثلثات کروی است) بر دیگری پیشی داشته است و البته این هست که هر یک از دو دانشمند دیگر ابوالوفا محمدبن بوزجانی (متوفای به سال ۳۸۸ هجری برابر ۹۹۸ میلادی) که اهل نیشابور بوده و ابومحمود حامد بن الخضر خجندی که در حدود نیمهٔ دوم قرن چهارم هجری شهرت و اعتبار داشته نیز مدعی بوده است که نخست او این طریقه را به کار بسته است.

اما در حقیقت فرمول اصلی لاگرانژ در حل مثلثات کروی که به صورت:

$$\text{Cos a} = \text{Cos b. Cos c} + \text{Sin e . Cos A}$$

۱. رجوع شود به صفحهٔ ۱۰۸ کتاب «شکل القطاع» چاپ قسطنطنیه (سال ۱۳۰۹) ص ۱۰۸ که اصل آن به نام (کشف القناع م... اسرار شکل القطاع) است و به همت Caratheodory به فرانسه ترجمه شده است.

است به این عبارت آمده است

«جیب تمام هر یک از اضلاع هر مثلث کروی برابر است با حاصل ضرب جیب تمامهای دو ضلع دیگر که بر نصف قطر کره تقسیم شود. و بر خارج قسمت حاصل ضرب جیب‌های این دو ضلع را در جیب تمام زاویه میان آنها، که بر مربع نصف قطر تقسیم شده باشد بیفزایند

نلینو پس از تحقیق کافی در فورمول مذکور از در نسخه منحصر به فرد کتاب (زیج احمد ابن عبدالله) معروف به حبش حاسب نهاوندی که از اهالی جندی شاپور بوده و در سال (۲۳۵ هـ ۲۴۹ م.) می‌زیسته دیده است کتاب مذکور در کتابخانه برلن محفوظ و سند بسیار گرانبهایی از دانش نجوم و ریاضی ایران است[1] برای خوانندگان عزیز و پژوهشگرانی که علاقه به کاوش در مبانی ریاضیات و نجوم قدیم ایران دارند نام روابط مثلثاتی که دانشمندان ایرانی دورهٔ اسلامی آنها را در محاسبات خود به کار می‌بردند و حتی بعضی از آنها از کشفیات این دانشمند پرارزش بوده و اروپاییان این روابط را در محاسبات خود به کار برده‌اد معادل آنها را به شرح زیر می‌آوریم.

سینوس (Sin.) = جیب ـ جیب المنکوس

کسینوس (Cos.) = جیب التمام ـ جیب المبسوط

تانژانت (Tan.) = ظِل ـ ظِل تام ـ قائم ـ منتصب ـ معکوس ـ ظِل المعکوس

کوتانژانت (Cot.) = ظِل‌التمام ـ ظِل الثانی ـ مبسوط ـ مستوی ـ ظِل المستوی

سکانت (Sec.) = قاطع

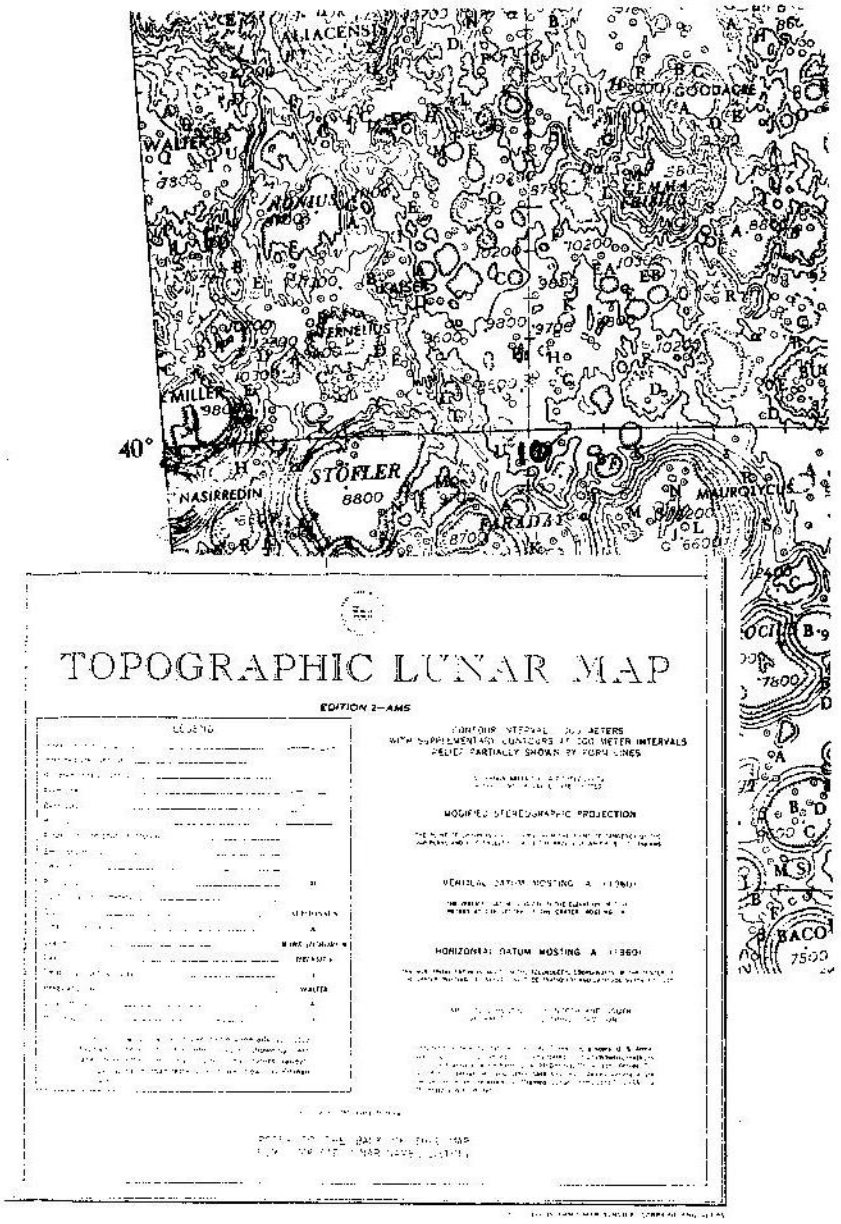
رادیوس (R.) = نق ـ نصف‌القطر

سینوس آلفا (Sin.∝) = جا ـ جیب‌الزاویه

۱. ر.ک. به مقاله نلینو، ص ۲۹۶ تا ۳۰۵ کتاب تاریخ نجوم اسلام در دورهٔ اصلی اعصار اسلام.

شکل ۹۹ ـ عکس از نویسنده کتاب و همسرشان باتفاق مترجم این کتاب در مدرسه چهارباغ اصفهان

شکل ۱۰۰ ـ عکس دیگری از نویسنده کتاب و همسرشان باتفاق مترجم در مدرسه چهارباغ اصفهان



شکل ۱۰۱. نام خواجه نصیرالدین بریکی از قله‌های کره ماه

سازمان میراث فرهنگی کشور
۹۶

ابزار و آلات رصد خانه مراغه

ترجمه، تالیف و تحقیق از:
سرفراز غربی
پروفسور فرانس بروین