



دوفصلنامه تاریخ علوم و فناوری دوره اسلامی
سال چهاردهم، شماره‌های اول و دوم، سال ۱۴۰۴
شماره پیاپی: ۲۷ و ۲۸

صاحب امتیاز: مؤسسہ پژوهشی میراث مکتوب
مدیر مسئول: اکبر ایرانی
سرمدبیر: محمد باقری
مدیر داخلی: آرزو اقرلو
اجرای جلد: محمود خانی

مدیر فنی و امور چاپ: حسین شاملوفرد

همکاران علمی

حسن امینی * حمید بھلول * پویان رضوانی * فاطمہ سوادى * حنیف قلندری * یونس کرامتی * امیر محمد گبینی
شمامہ محمدی فر * راضیہ سادات موسوی * یونس مہدوی * سجاد نیک فہم خوب روان * زینب کریمیان

مشاوران علمی

یوسف ثبوتی * توفیق حیدرزاده
 محمدابراهیم ذاکر * حسن طارمی * مهدی محقق
 حسین معصومی همدانی * محمدجواد ناطق * سیدحسین نصر
 علی بابایف (جمهوری آذربایجان) * جان لنارت برگرن (کانادا) * گلن وان پروملن (کانادا) * احمد جبار (فرانسه)
 سرگی دمیدوف (روسیه) * رشدی راشد (فرانسه) * جمیل رجب (کانادا) * سری رامولنا ساروما (آلمان)
 ژاک سزایانو (سویس) * جورج صلیبا (امریکا) * حکیم سید ظل الرحمان (هند)
 مصطفی موالدی (سوریه) * یان بیتر هوخندایک (هلند) * میچیو یانو (ژاپن)

تصویر پشت جلد: کاشی سفالی لعابدار دیواری با نقش گل و بته و دورنویس آیت الکرسی (ناقص)، ورامین از سده ۶ یا ۷ هجری (موزه ملی اسکاتلند، ادینبورگ)

نشانی مجله: تهران، خیابان انقلاب اسلامی، بین خیابان دانشگاه و ابویرحان، ساختمان فروردین، شماره ۱۱۸۲، طبقه چهارم، شماره ۱۶
کد پستی: ۹۳۵۱۹-۱۳۱۵۶ تلفن: ۶۶۴۹۰۶۱۲ دوزنگار: ۶۶۴۰۶۲۵۸

www.mirasmaktoob.ir
miraselmi@mirasmaktoob.ir / miraselmi90@gmail.com

بها: ۲۰۰,۰۰۰ تومان



فهرست

۱ | سرسخن

مقاله

- | | |
|-----|--|
| ۳ | نگاهی به زندگی اجتماعی ریاضی‌دانان دوره اسلامی
نرگس عصارزادگان |
| ۳۵ | سیمای رازآلود جابر بن حیان
سید نعمان الحق و امین متولیان |
| ۶۷ | از سمرقند به آناطولی: شرح حال فتح‌الله شروانی
آرزو اقرلو |
| ۷۹ | پاره‌متنی دیده نشده از اتولوجیای منتسب به ارسطو
در نسخه خطی تلخیص منطق ابن رشد در ایران
بنفشه افتخاری و تیمور مول، ترجمه بنفشه افتخاری |
| ۸۹ | جامعه‌شناسی علم در مقدمه ابن خلدون
رضا کیانی موحد |
| ۹۴ | دستگاه‌های خودورز و ترازوها
کنستانتین کانواس، ترجمه حمیدرضا نفیسی- کورس ضیائی |
| ۱۱۹ | نورشناخت در تمدن اسلامی
یوهانس توماس، میرکاظم جلالی |
| ۱۳۹ | ترجمه به‌عنوان یک کنش فرهنگی پایدار و گسترده
سونیا برنتیس، ترجمه افسانه منفرد |
| ۱۴۳ | درآمدی بر خوانش رسالة الضوء ابن هیثم
محمد بن ساسی، ترجمه حامد آرضائی |

یادداشت‌های تاریخی

- | | |
|-----|---|
| ۱۵۱ | اصطلاحات نجومی عربی در متون لاتینی مربوط به اسطرلاب در سده‌های
میانه |
| ۱۵۵ | پل کونیچ، تلخیص و ترجمه انوشه هادزاد
تأسیس شهر بغداد و زایچه آن
یوهانس توماس، ترجمه مهدی نوروزی بخش |

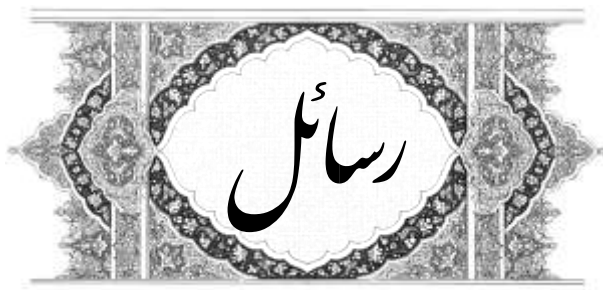
یادنامه

- | | |
|-----|--|
| ۱۵۹ | جایگاه دکتر عبیدالله کریم‌اوف در پژوهش‌های
خاورشناسی ازبکستان
ثریا کریم‌اوا، ترجمه نینا مرتضوی |
|-----|--|

رساله

- | | |
|-----|--|
| ۱۷۲ | گاهنما یا ساعت آفتابی به قلم شیخ موسی نثری همدانی
به‌کوشش مهسا راقب |
|-----|--|





گاهنما یا ساعت آفتابی به قلم شیخ موسی نثری همدانی

به کوشش مهسا راقب



اشاره:^۱ میرزا شیخ موسی نثری کبودرآهنگی، فرزند ملا عبداللّه، معروف به موسی نثری، در سال ۱۲۶۰ خورشیدی در روستای دستجرد کبودرآهنگ همدان متولد شد. او تحصیلات مقدماتی را نزد پدرش آموخت و در جوانی به همدان آمد و ضمن اشتغال به کار معلمی، به تحصیل علوم ریاضی، علوم غریبه، فلسفه، منطق و عرفان پرداخت و در این فنون، به مدارج عالیّه رسید. شیخ موسی دستجردی (نثری) فاضل ترقی خواه روزنامه نگار میهن دوست، رمان نویس تاریخ دان، شارح ادب، فرهنگ پیشه، معارف پرور، ریاضی دان نوآور، سرآمد معاصران و از دانشوران متأخر ایران؛ چنین است توصیف آن مرد اشارت وار، هر چند که بنا به شواهد باید زنده یاد نثری را ادیبی پیشگام نیز برشمرد.

۱. اشاره و پانویس ها از مهسا راقب است.

آشیخ موسی زبان فرانسه را نخست از مدرس خود - امین الشریعه (که ساکن خوش آباد حاجیلو بود) بیاموخت؛ آنگاه آن زبان را نزد معلمان مدرسه «اتحاد» یهودیان همدان (= آلیانس) تکمیل کرد. روزنامه‌نگار، داستان‌نویس و از پیشگامان معارف همدان و از پیروان غمام همدانی بود. چندین سال، ریاست دبیرستان نصرت را در همدان به عهده داشت و از ابتدای تأسیس انجمن ادبی همدان عضو آن و چند سال نیز رئیس انجمن بود. پس از انقضای ریاست فرهنگی میرزا محمد درخشان در همدان (اوایل سال ۱۳۰۴ ش) آقای شیخ موسی نثری از مدیریت مدرسه نصرت یکباره به ریاست معارف (فرهنگ) همدان رسید. نثری در زمان ریاست فرهنگی خویش از جمله کوشید دوره اول متوسطه مدرسه نصرت را کامل سازد و نیز جایگاهی برای آن مدرسه خرید. در تشویق، مردم برای این که فرزندان خود را به مدارس بفرستند تلاش فراوان کرد یکی دیگر از اقدامات وی کوشش در انتشار مجله‌ای به نام الوند با مدیریت زنده‌یاد علی محمد آزاد همدانی که جانشین او در ریاست مدرسه نصرت شده بود به منظور ارتقای سطح معلومات محصلان بود. در اواخر عمر در تهران اقامت گزید. از ۱۳۰۴ خورشیدی به مناصبی چون ریاست فرهنگ کرمانشاه، کردستان،

همدان و قزوین رسید و وقتی در همدان بود، تعداد زیادی مدرسه تأسیس کرد و در این راه، خدمات زیادی به گسترش فرهنگ این شهر کرد. سپس به تهران رفت و به عنوان بازرس عالی وزارت فرهنگ مشغول به کار شد. روزگاری، مدیر روزنامه اتحاد بود و بسیاری از مقالات سیاسی و اجتماعی خود را در همین روزنامه چاپ می‌کرد. به نوشته حسین غیور معلم و مؤلف برجسته و مشهور هندس، اهل همدان، موسی نثری و جمعی دیگر از معلمان همدان از مریدان و دوستان غمام همدانی بودند که شاعری بزرگ و مردی دانشمند بود.



مشاهیر همدان (غمام و نثری)، همدان: نشر نازلی، ۱۳۸۳.

او از نویسندگان پیشگام رمان‌های تاریخی است و در آثارش بسیار کوشیده است. تا در ذکر وقایع دچار غلط‌های فاحش نشود و از همین رو داستان‌هایش که آکنده از اسامی و سال وقوع اتفاقات است بیشتر به رساله تاریخی شباهت دارد؛ همین امر سبب شده است که این داستان‌ها چندان گیرا و سرگرم‌کننده نباشد. رمان تاریخی - عاشقانه تاریخ غیرت را در هفده سالگی نوشت که به وقایع یورش عثمانی به همدان در ۱۱۰۲ خورشیدی می‌پردازد. دست‌نویس این کتاب مدت‌ها مفقود بود و آن را اشتباهاً جلد نخست از رمان سه‌جلدی عشق و سلطنت می‌پنداشتند. این دست‌نویس اخیراً (۱۳۹۸) یافته و منتشر شده است. رمان تاریخی به نام عشق و سلطنت یا فتوحات کوروش کبیر داستانی تاریخی در شرح حال کوروش بزرگ، ستاره لیدی و شاهزاده خانم بابلی و در واقع نوعی تاریخ باستانی اکباتان است. نثری از نخستین کسانی بود که به گزارش و شرح مثنوی معنوی همت گماشت. در انتشار روزنامه آزاد ملی و مجله الوند و روزنامه اتحاد، نشریه انجمن اتحاد همدان به ریاست غمام که از جهت تاریخ همدان در جنگ اول جهانی جزو اسناد اساسی است، مشارکت داشت.

کتاب عشق و سلطنت یا فتوحات کوروش کبیر نام رمانی تاریخی - عاشقانه از موسی نثری همدانی است، در سال ۱۲۹۷ خورشیدی در همدان چاپ شد. انتشار چند آگهی در روزنامه اتحاد با مضمون انتشار رمانی به نام تاریخ غیرت، چندی پیش از چاپ رمان عشق و سلطنت، موجب این گمان شد که این دو نام مربوط به یک کتاب هستند. بعدها نویسنده برای رمان عشق و سلطنت جلد‌های دوم و سوم نیز نوشت. از این قرار: ستاره لیدی و سلطنت زمان کوروش در ۱۳۰۳ خورشیدی و سرگذشت شاهزاده خانم بابلی در ۱۳۱۰ خورشیدی. اخیراً مشخص شد تاریخ غیرت رمان دیگری است که احتمالاً نثری به دلایل سیاسی روز از چاپش منصرف شده، ولی دست‌نویسش را مدام با خود همراه داشته است. تا این‌که بعد از گذشت بیش از یک قرن، نوه مؤلف، دکتر افسانه نثری، تصویر این دست‌نویس را در اختیار مهدی به‌خیال، پژوهشگر تاریخ همدان، قرار داد و در نشر طلایی، ذیل دانش‌نامه استان همدان، پیوست دوم: هنری و ادبی، چاپ و منتشر شد. این رمان شیرین تاریخی - عاشقانه به وقایع یورش عثمانی به همدان و قتل عام مردم، و دفاع جانانه تمام اقشار مردم همدان از شهر خود، در بهار و تابستان ۱۱۰۲ خورشیدی می‌پردازد. کتاب متضمن اطلاعات دقیق مردم‌شناسی و شهرشناسی و معماری شهری همدان در اواخر عهد صفویه است.

دیگر آثار و تألیفات وی عبارتند از:

- قواعد نثری در جبر و مثلثات؛
- تفسیر سورة یوسف علیه السلام؛
- افسانه طی زمان؛
- تدوین مقدمه مفصل بر دیوان غمام همدانی.



تصویر ساعت آفتابی (شاخص ظهر) در
مسجد جامع همدان

ابتکارات

برخی از ابتکارات، اختراعات و کشفیات وی بدین
قرار است:

- کشف فرمول حل معادلات جبری درجه سوم و برخی اشکال هندسی که به نام قوانین نثری معروف است؛
- نظریه علمی ضبط امواج اصوات و اشکال؛
- ساخت ساعت آفتابی (شاخص ظهر) و نصب آن در مسجد جامع همدان؛
- اختراع وسیله ترسیم بیضی که در دایره اختراعات به نامش ثبت شده است.

نثری در سال ۱۳۳۲ خورشیدی در سن ۷۲ سالگی
درگذشت.

مقاله «گاهنما یا ساعت آفتابی» نوشته موسی نثری در سال ۱۳۱۵ خورشیدی در شماره‌های اول تا سوم و پنجم (خرداد تا مهر) سال چهارم نشریه مهر (هنر و معماری) منتشر شد که به خاطر اهمیت و پیشگامی‌اش در این زمینه در اینجا به چاپ می‌رسد (بخش‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب مربوط به شماره‌های خرداد، تیر، مرداد و مهر ۱۳۱۵ است).^۱

منابع

- اذکائی، پرویز (۱۳۸۳)، مشاهیر همدان. غمام و نثری. همدان: نشر نازلی.
- رضایی همدانی، عمادالدین (۱۳۷۹). سیمای همدان. تهران: انتشارات انوشه.
- شریفی، محمد (۱۳۸۷). محمدرضا جعفری، ویراستار. فرهنگ ادبیات فارسی. تهران: فرهنگ نشر نو و انتشارات معین.
- قراگوزلو، غلامحسین (۱۳۷۳). هگمتانه تا همدان. تهران: انتشارات اقبال.
- نرم افزار عرفان ۳، مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلام.

۱. از آقای محمد سلیمانی تبار که اصل این مطلب را معرفی کردند و در اختیار ما گذاشتند و آقای زندی گرامی که عکس شاخص ظهر مسجد همدان را فرستادند، سپاسگزاریم.

۱- مدارات یومیۀ آفتاب - معدل النهار در نتیجه حرکت وضعی زمین به گرد محور خود، ساکنین زمین آفتاب را متحرك دیده و گمان می کنند که این موجود نورانی در هر شبانه روز حرکت می کند و ترکیب حرکت وضعی زمین با حرکت انتقالی آن و مایل بودن محور زمین نسبت به سطح مدارش باعث شده است که مدار موهومی یومیۀ آفتاب همه روزه متغیر دیده می شود، زیرا که در اول بهار (اعتدال ربیعی) مدار یومیۀ آفتاب عبارت از دایره ایست که تقریباً سطح آن بر سطح دایره استوای زمین منطبق و مرکزش مرکز زمین است. این مدار را که محیط آن در امتداد سطح استوای زمین باشد «معدل النهار» می نامند زیرا که آفتاب روزی که در این مدار حرکت می کند مدت شب و روز در تمام نقاط روی زمین یکسانست ولی فردای همان روز آفتاب مدار دیگری اختیار می کند که سطح آن موازی با سطح استوای زمین و قریب يك درجه طرف شمال آن واقعست و این تغییر همه روزه برقرار است و در هر روز مداری غیر از مدار روز قبل اختیار می کند که سطح تمام آنها متوازی و عمود بر محور زمین و مرکزشان منطبق بر محور زمین است و این تغییر همه روزه در سمت شمال پیش می رود تا در آخر بهار ۲۳ درجه و ۲۸ دقیقه از دایره معدل النهار فاصله پیدا می کند و از اول تابستان این فاصله به تدریج کم شده در اول پاییز باز مدار آفتاب منطبق بر دایره معدل النهار می گردد.

در پاییز و زمستان عیناً همین حالت در سمت جنوب معدل النهار پیش می آید و باز روز اول بهار سطح مدار آفتاب تقریباً بر سطح معدل النهار منطبق می گردد. مدارات مختلفی را که آفتاب در هر روز طی می کند مدارات یومیۀ آفتاب یا دوائر میل آفتاب می نامند.

سایه آونگ (پاندول) و خط نصف النهار

دایره عظیمه ای که از قطبین زمین و نقطه معینی از سطح زمین عبور کند، دایره نصف النهار آن نقطه نامیده می شود. حال اگر سطح این دایره را به وهم در فضا امتداد دهیم، هر وقت که مرکز آفتاب به سطح این دایره برسد، در آن نقطه که این نصف النهار متعلق به اوست ظهر است هرگاه آفتاب در بالای افق آن نقطه باشد و نصف شب است هرگاه آفتاب در پایین افق آن نقطه باشد و تمام نقاطی که روی يك نصف النهار باشند ظهر و نصف شب آنها در يك آن خواهد بود.

در موقعی که آفتاب در بالای افق به نصف النهار يك نقطه معین می رسد اگر آونگی در آن نقطه آویزان کنیم امتداد سایه آونگ در سطح افقی واقع در آن نقطه نمایش قوس کوچکی از دایره نصف النهار [است] و درست امتداد شمال و جنوب آن نقطه را نشان می دهد (در نیمکره شمالی آن طرف از سایه که در طرف آونگ واقع شده سمت جنوب و جهت مخالف آن سمت شمال است). این اصل را نوع بشر از زمان های قدیم فهمیده و برای تعیین ظهر حقیقی یا نصف

روز شاخص ساده را درست کرده است که سایه آن در هر فصلی بدون تخلف ظهر را نشان می دهد.

شاخص ساده و طریقه عملی برای ساختن آن

زمین را افقی نموده و گچ می کشند یا سنگی که سطح آن را تراش زده و کاملاً مستوی کرده باشند به طور افقی در زمین نصب می کنند و با میزان التسطیح^۱ آن را امتحان می کنند که کاملاً افقی باشد. پس از آن دایره تقریباً به شعاع ۱۰ الی ۱۲ سانتی متر در آن رسم کرده، در مرکز دایره مخروط قائمی که قاعده آن حتی المقدور کوچک و ارتفاعش قریب ۷ الی ۸ سانتی متر باشد نصب می کنند به طوری که مرکز قاعده مخروط بر مرکز دایره منطبق شود. پس از آن در سه روز اول زمستان یا سه روز اول تابستان که میل آفتاب تقریباً ثابت و تغییرش غیر محسوس است یک روز قبل از ظهر مترصد باید بود تا سایه مخروط که در سمت مغرب امتداد یافته کم کم کوتاه شده به محیط دایره برسد. آن نقطه از محیط دایره را نشان کنند و بعد از ظهر همان روز موقع خروج سایه را از سطح دایره مترصد بوده، هر وقت سایه رأس مخروط به محیط دایره برسد آن را نیز نشان کرده، این دو نقطه را با خط مستقیمی به یکدیگر وصل نمایند و خطی به موازات آن رسم کنند که از مرکز دایره عبور کرده از دو طرف به محیط دایره منتهی شود این خط نمایش دو سمت مشرق و مغرب است و دو نقطه از افق را که امتداد این خط قطع می کند نقطه مشرق و مغرب حقیقی یا معتدل گویند زیرا که طلوع و غروب در روزهای اول بهار و اول پاییز (اعتدال ربیعی و اعتدال خریفی) در این دو نقطه انجام می گیرد. حال اگر خطی بر وسط این خط عمود کنیم که از مرکز دایره گذشته از طرفین به محیط منتهی شود، درست امتداد شمال و جنوب را نشان می دهد و این خط، خط نصف النهار نقطه ایست که این عمل را در آن نقطه به جا آورده ایم و در تمام فصول هنگام ظهر سایه رأس مخروط بر خط نصف النهار منطبق خواهد شد. اغلب پس از تعیین خط نصف النهار مخروط را برداشته میل فلزی استوانه شکلی به جای آن نصب می کنند که مرکز قاعده استوانه منطبق به مرکز دایره می گردد و دو خط موازی با خط نصف النهار در طرفین آن می کشند به طوری که فاصله هر یک از دو خط مزبور از خط نصف النهار به اندازه شعاع قاعده استوانه باشد. هنگام ظهر، سایه استوانه فاصله این دو خط را می پوشاند و به این وسیله ظهر حقیقی معلوم می شود^۲ و این آلت اولین وقت پیمائیس که بشر درست کرده که در هر زمانی ممکن است مورد استفاده واقع شود. ولی واضح است تنها دانستن وقت ظهر برای شناختن اوقات و تنظیم کارهای روزانه کافی نیست بلکه شناختن قسمت های روز

۱. تراز

۲. نام این ابزار دایره هندی (یا هندسی؟) است.

نیز مورد لزوم بوده و هست و به همین لحاظ بشر مرحله دوم و سوم این آلت را به وجود آورده و گاهنماهایی اختراع کرده است که قسمت‌های روز را به طور دقیق معین می‌کند.

ساعات مُعَوَج و ساعات مستوی

هر گاه هر يك از روز و شب را به دوازده قسمت مساوی تقسیم کنیم، هر قسمت را ساعت معوج آن روز یا آن شب می‌نامند زیرا که مقدار این ساعات به اختلاف روز و شب و اختلاف فصول تغییر می‌کند و به نسبت بلندی و کوتاهی روز و شب بزرگ و کوچک می‌شود و اگر هر شبانه روز را به بیست و چهار قسمت تقسیم کنیم ساعات مستوی حاصل می‌گردد و این ساعات تقریباً در تمام فصول با یکدیگر متساویند.

گاهنمای ساعات مستوی

اگرچه گاهنمای ساعات معوجه قبل از گاهنمای ساعات مستوی بوجود آمده ولی چون فعلاً مورد استعمال آن کم است ما گاهنمای ساعات مستوی را مقدم دانسته و ذیلاً شرح می‌دهیم:

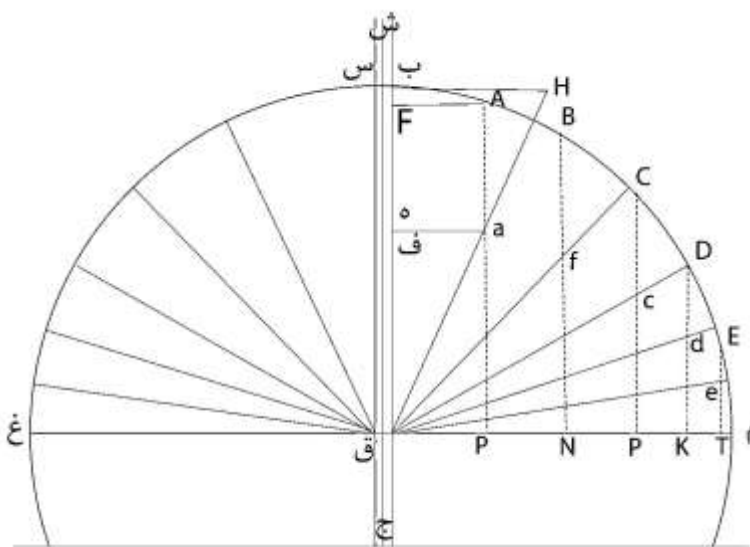
به طوری که گفتیم سطح مدارات یومیۀ آفتاب در تمام روزهای سال عمود بر محور زمین و مرکزشان منطبق بر محور مزبور است. حال اگر ما در نقطۀ حقیقی قطب شمال یا جنوب زمین شاخصی به طور قائم نصب کنیم شاخص مزبور امتداد محور زمین بوده و آفتاب در حرکت یومیۀ به گرد آن در ازمنۀ متساویۀ قوسهای متساوی می‌پیماید و سایۀ آن شاخص نیز که تابع اشعۀ آفتاب و در جهت مخالف آفتاب است در سطح افق قطب در ازمنۀ متساویۀ زوایای متساویۀ ایجاد می‌کند. بنابراین اگر صفحه‌ای به طور افقی در قطب زمین نصب کرده و دایره‌ای در آن رسم کنیم و محیط دایره مزبور را به ۲۴ قسمت مساوی تقسیم نموده و خطوطی از نقاط تقسیم به مرکز دایره رسم نموده شاخصی به طور قائم در مرکز دایره ترسیم کنیم در موقعی که قطب روشن است و آفتاب در کنار افق آن حرکت یومیۀ خود را انجام می‌دهد سایۀ شاخص در هر ساعت یکی از زوایا را که ما بین خطوط تقسیم واقع شده طی نموده و ساعات شبانه روز را نشان خواهد داد. اکنون اگر صفحه دیگری فرض کنیم که صفحه افقی مزبور را قطع کرده زاویۀ دو سطحی^۱ با آن ایجاد کند و فصل مشترکشان قطر دایره افقی باشد سایۀ شاخص مزبور بر روی سطح دوم در هر موقع عبارت از تصویر سایه‌ای خواهد بود که بر سطح اولی ایجاد می‌شود. بنابراین هر گاه تصویر خطوط تقسیم دایره سطح اولی را بر سطح دوم رسم کنیم سایۀ شاخص در هر ساعت یکی از زوایای تصویر شده را که البته با یکدیگر اختلاف دارند خواهد پیمود و ساعات روز را نشان خواهد داد، و چون شعاع زمین و شعاع مدارات

۱. در هندسۀ فضایی به زاویۀ دو سطحی «فرجه» می‌گویند.

آن نسبت به فاصله زمین از آفتاب بی اندازه كوچك و به منزله صفر است لذا هرگاه در يك نقطه از سطح کره زمین شاخصی نصب کنیم که موازی با محور زمین باشد می توانیم مرکز مدارات یومیّه آفتاب را منطبق بر امتداد آن شاخص فرض کنیم و حرکت سایه آن را در سطحی که قرار گرفته تشخیص دهنده ساعات قراردهیم زیرا اگر سطح دایره ای را که به ۲۴ قسمت مساوی تقسیم شده باشد از نقطه مرکز دایره بر شاخص عمود کرده و تصویر تقسیمات آن را بر هر سطحی که بخواهیم رسم کنیم سطح مزبور صفحه گانهما تواند بود و ساعات روز را به ما نشان خواهد داد. بنابراین اساس گانهما عبارت است از دو چیز:

اول میله یا شاخصی که موازی با محور زمین باشد. دوم صفحه ای که تصویر تقسیمات متساویه دایره عمود بر شاخص بر آن رسم شده باشد و به وسیله همین دو اصل گانهماهایی به اشکال و انواع متعدد ساخته شده که ما به تدریج طریقه عملی و ترسیمی و فرمول استخراج اندازه زوایای صفحات هر يك از آنها را بیان خواهیم کرد.

۲- گانهمای افقی آنست که صفحه اش افقی قرار گرفته باشد. طریقه عملی برای ساختن آن و ترسیم خطوطی که نماینده ساعات روز باشند از قرار است که ذیلاً نوشته می شود:



شکل اول

صفحه (ج) را (شکل اول) که از برنج یا سنگ ساخته و سطح آن را کاملاً مستوی کرده باشند در محلی که همیشه در معرض اشعه آفتاب است به طور افقی نصب کرده و با میزان التسطیح آن را

۱. این تصویر خطایی دارد که در ادامه مقاله اصلاح شده است.

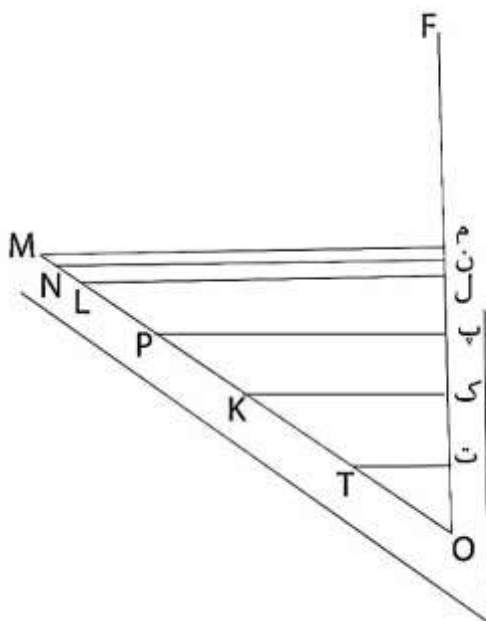
امتحان نمایند که کاملاً افقی باشد پس از آن خط (ج ش) نصف النهار بلد را به طریقی که سابقاً ذکر شده به وسیله سایه مخروط قائم یا به وسیله طولیاب^۱ در وسط صفحه رسم نموده خط (م غ) را بر آن عمود نمایند تا جهت مشرق و مغرب معتدل نیز معلوم گردد. ولی عملاً باید (م غ) را طوری رسم نمایند که نقطه تلاقی دو خط فاصله اش از نقطه (ج) (سمت جنوب) به اندازه $\frac{1}{4}$ فاصله آن از نقطه (ش) (سمت شمال) باشد. پس از آن دو خط (ب ه) و (س ق) را موازی با خط (ش ج) در طرفین آن رسم نمایند به طریقی که هر یک از آنها دو میلی متر با خط نصف النهار (خط ش ج) فاصله داشته و در دو نقطه (ه) و (ق) خط (م غ) را قطع نمایند. پس از آن دو نقطه (ه) و (ق) را مرکز قرار داده دو نیم دایره به شعاع یک دسی متر رسم نمایند که یکی در سمت مشرق (ب ه) و دیگری در سمت مغرب (س ق) واقع شود و محیط یکی از ربع دایره های سمت شمال مثلاً ربع دایره (ب ه م) را به شش قسمت مساوی تقسیم نموده از نقاط تقسیم A و B و C و D و E عمودهایی بر خط (م ه) فرود آورند. حال اگر شاخصی در مرکز این ربع دایره یعنی در نقطه (ه) به طریقی نصب کنیم که اولاً سطح مار بر شاخص و بر خط (ب ه) عمود باشد بر سطح افقی (ج) و ثانیاً شاخص مزبور با خط (ب ه) زاویه ای تشکیل دهد معادل با عرض جغرافیایی شهری که این عمل را در آنجا انجام می دهیم، در این صورت شاخص مزبور درست موازی با محور کره زمین و رو به ستاره قطبی (جُدی) خواهد ایستاد یعنی امتداد آن تقریباً به ستاره قطبی منتهی می گردد.

اکنون به خاطر می آوریم که اگر سطحی از نقطه (ه) بر این شاخص عمود کنیم سطح مزبور موازی خواهد بود با سطح افق قطب و سطح استوای زمین و سایه شاخص مزبور بر سطح مفروض اگر در معرض اشعه آفتاب باشد در ازمنه متساویه زوایای متساویه خواهد پیمود. ولی البته سطح (ج) که ما درست کرده ایم موازی با سطح استوای زمین نیست بلکه با سطح استوای زاویه دوسطحی تشکیل می دهد که زاویه مزبور معادل است با متمم عرض جغرافیایی بلد. بنابراین سایه در این سطح یعنی در سطح افق بلد (سطح ج) در ازمنه متساوی زوایایی را خواهد پیمود معادل با تصویر زوایای حادثه بر سطح افق قطب. حال برای ترسیم تصویر قائم زوایای متساویه افق قطبی در سطح (ج) به طریق ذیل عمل می کنیم:

ربع دایره (ب ه م) (شکل سوم) را به شعاع مساوی با ربع دایره (ب ه م) (یک دسی متر) رسم می کنیم و محیط آن را به شش قسمت مساوی تقسیم نموده از نقاط تقسیم اشعه A' ه و B' ه و C' ه و D' ه و E' ه را رسم کرده و عمودهای A' N' و B' L' و C' P' و D' K' و E' T' را بر (ه م)

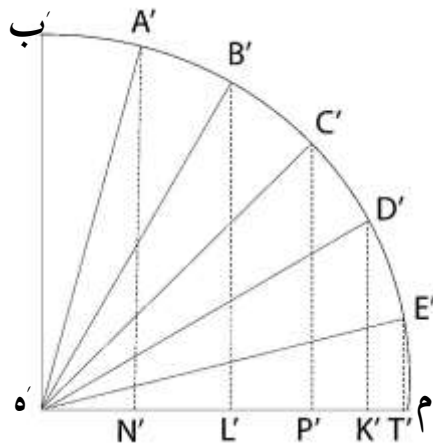
۱. ابزار نقشه برداری (تئودولیت)

فروود می‌آوریم و فرض می‌کنیم که این ربع دایره از نقطه ه (شکل اول) بر شاخص مفروضه در فوق عمود باشد به طوری که نقطه ه بر ه و نقطه م (بر نقطه م) منطبق شود و چون دو شعاع (ه م) و (ه م) در شکل اول و سوم مساوی و مواقع عمودهای وارد بر آنها نظیر به نظیر منتها الیه جیب تمام زوایای متساویه هستند پس نقطه N بر نقطه L بر نقطه P بر نقطه K بر T و K بر T بر منطبق خواهد شد و زوایای حادثه A' NA و B' LB و C' PC و چون رئوسشان واقع است بر رأس زاویه دو سطحی و اضلاعشان هر کدام در یکی از وجوه زاویه دو سطحی عمودند بر فصل مشترك، پس همگی زوایای مسطحه زاویه دو سطحی با یکدیگر مساوی و نیز با زاویه (ب ه ب) مساویند و چون زاویه دو سطحی به طوری که ذکر شد به اندازه متمم عرض جغرافیایی بلد است تمام این زوایا نیز مساوی با متمم عرض جغرافیایی بلد خواهند بود و چون سطح مار بر دو ضلع هر یک از این زوایا عمود خواهد بود بر سطح (ج) پس عمودهای وارده از نقاط A' و B' و O بر سطح (ج) بالضروره عمود می‌شود بر خطوط (ب ه) و (NA) و (LB) و...



شکل دوم

از طرفی نیز می‌دانیم اولاً وضع تصویر خطی بر سطحی به واسطه معلوم شدن تصویر دو نقطه معین می‌شود و ثانیاً نقطه ه چون در تمام خطوط زوایای متساویه ربع دایره (ب ه م) مشترك است و در صفحه (ج) بر نقطه ه منطبق شده لذا ه نقطه مشترك تمام تصویرهاست. حال اگر از نقاط ب و A' و B' از سطح (ب ه م) عمودهایی بر سطح (ج) فروود آوریم نقطه دیگر تصویرها نیز معین خواهد شد.



شکل سوم

اکنون برای تعیین محل نقاط تصویر مزبور زاویه MOF را (شکل دوم) مساوی با متمم عرض جغرافیایی بلد رسم می‌کنیم به طوری که هر یک از اضلاع آن مساوی با هر یک از اشعه ربع دایره‌های مزبوره باشد (یک دسی متر) و عمودهای $N'A'$ و $L'B'$ و $P'C'$ و ... را با پرگار اندازه گرفته از مبدا O از خط OM قطعه NO را به اندازه $N'A'$ و قطعه LO را به اندازه $L'B'$ و قطعه PO را به اندازه $P'C'$ و قطعه KO را به اندازه $K'D'$ و قطعه TO را به اندازه $T'E'$ جدا می‌کنیم و از نقاط M و N و L و P و K و T عمودهایی بر خط FO فرود می‌آوریم تا نقاط: م، ن، ل، پ، ک، ت مواقع عمودها به دست آیند. پس از آن قطعات (O م) و (O ن) و (O ل) و (O پ) و (O ک) و (O ت) را با پرگار اندازه گرفته در ربع دایره ب ه م به مبدایت نقاط ه و N و L و K و P و T و مساوی قطعات مزبور به ترتیب از عمودهای ه ب و AN و BL و CP و DK و ET جدا کنند تا نقاط: د و b و a و c و d و e به دست آیند که به ترتیب تصویر نقاط A' و B' و C' و D' و E' هستند بر سطح (ج) و هر یک متعلقند به یکی از خطوط تصویر و چون نقطه دیگر از خطوط تصویر در همه مشترك و نقطه (ه) می‌باشد پس وضع خطوط تصویر معین شده و برای به دست آوردن آنها کافی است که نقطه مشترك ه را به نقاط د و a و b و c و d و e وصل کرده تا هر اندازه بخواهیم امتداد دهیم تا تصویر خطوط تقسیمات متساویه ربع دایره ب ه م در سطح (ج) معین شود و در ربع دایره س ق غ شکل اول نیز همین عمل را نموده تصویر خطوط تقسیم ربع دایره موازی با افق قطب را در آن رسم می‌کنیم.

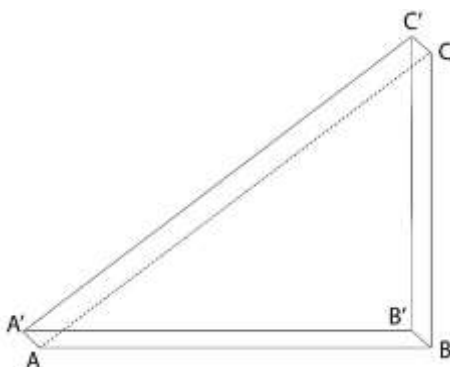
پس از خاتمه این عملیات باید شاخصی موازی با محور زمین به طریقی که ذیلاً نوشته می‌شود درست کرده بر این سطح نصب نماییم و این قسم از شاخص را که موازی با محور زمین و ساختمان آن نحو خاصی است شاخص محوری می‌نامیم.

طریقه ساختن شاخص محوری



شکل چهارم

مثلثی از برنج یا فلز مناسب دیگری می سازیم، مثل مثلث ABC (شکل چهارم) که در مثلث مزبور ضلع BA به اندازه ۹ سانتی متر و زاویه B قائمه بوده و زاویه A به اندازه عرض جغرافیایی بلد باشد (مثلاً در طهران باید زاویه A ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه باشد) و ضخامت فلز این مثلث باید به اندازه فاصله دو خط (ب ه) و (س ق) (شکل اول) باشد که در مثال ما چهار میلی متر است. بنابراین حجمی خواهد بود محدود به پنج سطح که دو سطح آن دو مثلث متساوی و متوازی و سه سطح دیگر به شکل مستطیل باریک که سطح آنها عمود بر هر دو مثلث و هر یک در مثال ما دارای چهار میلی متر عرض هستند (شکل پنجم).



شکل پنجم

پس از آنکه این مثلث با کمال دقت ساخته شد سطح مستطیل $A'B'BA$ (شکل پنجم) را در سطح (ج) طوری قرار می دهیم که نقطه A' منطبق شود بر نقطه (ه) مرکز ربع دایره (ب ه م) و نقطه A منطبق شود بر نقطه (ق) مرکز ربع دایره (س ق غ) و خط الرأس AB از مستطیل $A'B'BA$ در امتداد (ق س) شعاع ربع دایره (س ق غ) و خط الرأس $A'B'$ از مستطیل مزبور در امتداد (ه ب) شعاع ربع دایره (ب ه م) قرار گیرد و آن را در روی صفحه با دو پیچ کوچک نصب و محکم می کنیم. در این صورت دو خط الرأس CA و $C'A'$ از مستطیل $CC'A'A$ (شکل پنجم) با سطح (ج) زاویه معادل با عرض جغرافیایی بلد احداث کرده و درست این دو خط الرأس موازی با محور زمین خواهند بود.

حال می‌گوییم شش ساعت بعد از نصف شب چون آفتاب در مدار یومیۀ خود نود درجه از دایرۀ نصف‌النهار فاصله دارد سایۀ شاخص محوری در دایرۀ موازی با افق قطب منطبق می‌شود بر خط مشرق و مغرب معتدل و چون خط مشرق و مغرب دایرۀ مزبور عملاً منطبق است بر خط مشرق و مغرب صفحۀ (ج) (صفحۀ افق بلد) بنابراین سایۀ شاخص محوری بر خط مشرق و مغرب صفحۀ (ج) نیز منطبق است و در ساعات ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۱ صبح سایۀ خط‌الرأس CA مرتباً بر خطوط تصویر مرسومۀ ربع دایرۀ (س ق غ) در سطح (ج) منطبق خواهد شد و در ساعت ۱۲ که ظهر حقیقی است و آفتاب به نصف‌النهار می‌رسد سایۀ دو خط‌الرأس CA و C'A' بر امتداد دو خط (ق س) و (ه ب) منطبق شده فاصلۀ این دو خط از سایه پوشیده می‌شود و بعد از ظهر سایۀ خط‌الرأس (C'A') در ساعات ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ بعد از ظهر بر تصویرهای مرسومه در ربع دایرۀ (ب ه م) منطبق شده ساعات روز را نشان می‌دهد و در ساعت ۶ بعد از ظهر باز سایۀ شاخص محوری (سایۀ هر دو خط‌الرأس) بر خط مشرق و مغرب منطبق می‌شود. بالجملة از ساعت ۶ بعد از نصف شب تا ظهر سایۀ خط‌الرأس CA و از ظهر تا ساعت ۶ بعد از ظهر سایۀ خط‌الرأس C'A' ساعات روز را نشان می‌دهند. ولی در دو فصل بهار و تابستان که نصف روز از شش ساعت تجاوز می‌کند قبل از ساعت ۶ صبح سایۀ خط‌الرأس C'A' و بعد از ساعت شش عصر سایۀ خط‌الرأس CA تشخیص دهنده ساعات هستند. بنابراین برای مدرج کردن بقیۀ صفحۀ کافی است که تصویرهای مرسومه در هر دو ربع دایره را در سمت جنوب خط (م غ) نیز امتداد دهیم. این بود قاعدۀ عملی و ترسیمی برای ساختن و مدرج نمودن صفحۀ گاهنمای افقی. حال شروع می‌کنیم به ذکر طریقۀ استخراج فرمول برای مدرج کردن صفحۀ گاهنمای افقی.

فرمول برای مدرج کردن صفحۀ گاهنمای افقی

۱- در شکل دوم زاویۀ FOM را به اندازه مکمل عرض جغرافیایی بلد و دو ضلع آن را مساوی واحد رسم کرده بودیم (یک دسی متر). در زاویۀ مزبوره نظر به تشابه دو مثلث MOم و NOن این تساوی محقق است.

$$\frac{ON}{OM} = \frac{O_n}{O_m}$$

و چون OM واحد فرض شده پس $ON = \frac{O_n}{O_m}$ یا $ON \times O_m = O_n$

و چون (م O) جیب تمام زاویۀ (FOM) است پس جیب زاویۀ عرض بلد خواهد بود و چون حرف (ض) را علامت عرض بلد قرار دهیم چنین خواهیم داشت:

$$NO \times \text{جیب } \text{ن} = 0$$

و چون NO مساوی (ن A') جیب تمام زاویه (A' ه ب) (شکل سوم) رسم شده و عده درجات قوس زاویه مزبوره عبارت از عده درجاتیست که آفتاب در مدار یومیّه خود از دایره نصف النهار فاصله دارد پس می‌توانیم عده درجات مزبوره را به حرف (س) نمایش داده و به جای NO مساوی جیب تمام (س) را بگذاریم و این معادله را بنویسیم:

$$0 \text{ن} = \text{جیب } \text{ض} \times \text{جم} \text{ س (۱)}$$

و چون در شکل اول قطعه (aN) را مساوی (Oن) جدا کرده‌ایم می‌توانیم عوض معادله (۱) این معادله را بنویسیم:

$$aN = \text{جیب } \text{ض} \times \text{جم} \text{ س (۲)}$$

۲- در ربع دایره (ب ه م) (شکل اول) دو عمود از دو نقطه A و a بر خط ب ه (شعاع) فرود می‌آوریم این دو عمود مساویند چون با هم موازی و در فاصله دو خط موازی AN و (ب ه) واقع شده‌اند و عمود FA عبارت از جیب زاویه (A ه ب) مساوی با زاویه (A' ه ب) (شکل سوم) است. پس عمود FA مساوی جیب زاویه‌ای خواهد بود که قوس آن مساوی قوسی است که آفتاب در حرکت یومیّه از دایره نصف النهار فاصله دارد و چون زاویه مزبوره را به حرف (س) نمایش دادیم پس می‌توانیم عوض عمود FA مساوی (a ف) جیب س را بگذاریم.

۳- در ربع دایره (ب ه م) از نقطه ب عمودی اخراج می‌کنیم تا در نقطه H امتداد a را قطع کند و چون زاویه a ه ب زاویه ایست که میانه ضلع ب ه تصویر نصف النهار بلد و ضلع a ه تصویر A' ه ه احداث شده پس زاویه مزبوره زاویه مطلوب و خط ب ظل زاویه مزبوره خواهد بود و نظر به تشابه دو مثلث (a ه) و (ب H ه) می‌توانیم این تساوی را بنویسیم:

$$\frac{a}{\text{ف}} = \text{ب H} \quad \text{یا} \quad \frac{1}{\text{ف}} = \frac{\text{ب H}}{a}$$

و چون (ب H) ظل زاویه مطلوب و (a ف) مساوی (جیب س) می‌باشد می‌توانیم معادله (۳) را به این صورت بنویسیم:

$$\text{ظل زاویه مطلوب} = \frac{\text{جیب س}}{\text{ف}} \quad \text{یا} \quad \text{ظل زاویه مطلوب را مختصر نموده به حرف (ط) نمایش داده بنویسیم.}$$

۱. لگ مخفف لگاریتم، جیب به معنای سینوس و ظل به معنی تانژانت است. حرف س درواقع نماد زاویه ساعتی یعنی حاصل ضرب تعداد ساعات مانده تا ظهر یا گذشته از ظهر در ۱۵ است. جم مخفف جیب تمام یا کسینوس است. توجه کنید که $\log a + \log b = \log c$ معادل است با $ab = c$. کُلگ به معنی متمم لگاریتم است و $\log a = \text{colog } a$ یا $\log a + \text{colog } a = 0$.

$$\text{ظل ط} = \frac{\text{جیب س}}{\text{ه ف}} \quad (۴)$$

چون (ه ف) مساوی با (Na) است و بر طبق معادله (۲)

$$aN = \text{جیب ض} \times \text{جم س}$$

پس ممکن است معادله (۴) به این صورت نوشته شود:

$$\frac{\text{ظل ط}}{\text{جیب ض} \times \text{جم س}} = \frac{\text{جیب س}}{\text{ه ف}}$$

و چون

$$\frac{\text{ظل س}}{\text{جم س}} = \frac{\text{جیب س}}{\text{ظل س}}$$

پس

$$\frac{\text{ظل س}}{\text{جیب ض}} = \text{ظل ط}$$

و چون لگاریتم خطوط مثلثاتی را به جای آنها قرار دهیم خواهیم داشت.

$$\text{لگ ظل ط} = \text{لگ ظل س} + \text{لگ جیب ض} - \text{فهو المطلوب}$$

به وسیله فرمول فوق می توانیم در صفحه گاهنمای افقی تمام زوایایی را که سایه شاخص محوری در ساعات و اجزاء ساعات روز با خط نصف النهار بلد ایجاد می کند پیدا کنیم.

مثال

می خواهیم زاویه مطلوب را در طهران برای یک ساعت قبل از ظهر یا يك ساعت بعد از ظهر پیدا کنیم:

عرض طهران ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه است. لگاریتم جیب قوس مزبور عبارت است از:

$$-1/7658957$$

$$\text{لگ جیب ض} = -0/2341043$$

$$\text{لگ ظل س (۱۵ درجه)} = -1/4280525$$

$$\text{جمع دو عدد فوق یا لگ ظل ط} = -1/6621568$$

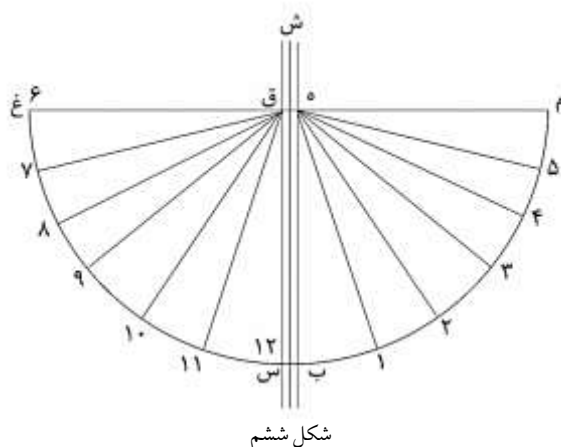
۱. $-1/6621568 = -1/4280525 - 0/2341043$ - توجه کنید که در مقادیر لگاریتم، کسر اعشاری (ارقام سمت راست ممیز) همیشه مثبت است.

و چون قوس آن را پیدا کنیم معادل است با ۲۴ درجه و ۴۰ دقیقه و ۲۰ ثانیه.^۱ پس می‌توانیم برای مدرج کردن گاهنمای افقی در طهران زاویه‌ای را که يك ساعت قبل از ظهر و يك ساعت بعد از ظهر سایه شاخص محوری با خط نصف‌النهار می‌سازد در طرفین نصف‌النهار معادل ۲۴ درجه و ۴۰ دقیقه و ۲۰ ثانیه رسم کنیم و یکی از آنها همان زاویه a ه ب خواهد بود و ما اندازه زوایایی را که سایه شاخص محوری در صفحه گاهنمای افقی با خط نصف‌النهار در طهران ایجاد می‌کند در ساعات ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ قبل از ظهر و بعد از ظهر استخراج نموده ذیلاً می‌نویسیم:

ساعت اول قبل از ظهر و بعد از ظهر ^۲	۲۴ درجه ۴۰ دقیقه ۲۰ ثانیه
دوم	» » ۴۴ » ۲۰
سوم	» » ۵۹ » ۲۰
چهارم	» » ۷۱ » ۲۳
پنجم	» » ۸۱ » ۷
ششم	» » ۹۰ » ۰

و می‌توان از روی فرمول مذکوره در فوق اجزاء ساعات را تا دقیقه استخراج نموده در صفحه گاهنما رسم کرد.

۳- گاهنمای قائم آنست که سطح آن عمود بر سطح افق بلد باشد و طریقه ساختن آن از قاراست که ذیلاً نوشته می‌شود:^۳



شکل ششم

۱. استخراج قوس تا $\frac{1}{4}$ دقیقه تقریب است.

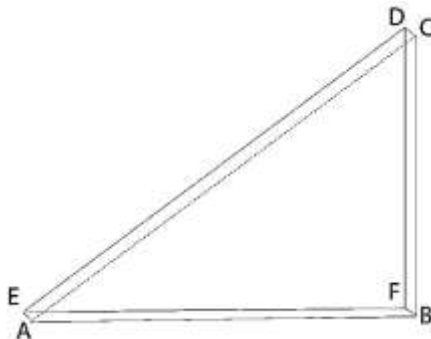
۲. منظور یک ساعت قبل از ظهر (ساعت ۱۱) و یک ساعت بعد از ظهر (ساعت ۱۳) است.

۳. این تصویر خطایی دارد که در ادامه مقاله تصحیح شده است.

در صفحه (ش) (شکل ششم) که از برنج یا سنگ ساخته و سطح آن را کاملاً مستوی کرده باشند دو خط (ج ش) و (غ م) را عمود بر یکدیگر رسم می‌کنند و دو خط (س ق) و (ب ه) را در طرفین خط (ج ش) هر یک را به فاصله دو میلی متر رسم کرده و دو نقطه (ق) و (ه) را مرکز قرار داده، دو ربع دایره (ق س غ) و (ه ب م) را به شعاع یک دسی متر رسم می‌کنند. پس از آن شاخص محوری FEDCBA را با مشخصات ذیل می‌سازند (شکل هفتم) ضخامت فلز آن به اندازه فاصله دو خط (ق س) و (ه ب) که در مثال ما چهار میلی متر است و محدود به دو مثلث متساوی و متوازی و سه مستطیل که سطح آنها عمود بر دو مثلث مزبور و عرض آنها ضخامت فلز است و زاویه B و F از دو مثلث مزبور قائمه و زوایای A و E هر یک به اندازه عرض جغرافیایی بلد و زوایای D و C هر یک به اندازه متمم عرض بلد و ضلع BC و DF هر یک تقریباً به اندازه ۹ سانتی متر باشد.

پس از آن سطح مستطیل CDFB را در صفحه (ش) طوری قرار می‌دهند که نقطه D بر نقطه (ه) و نقطه C بر نقطه (ق) منطبق شده دو خط الرأس FD و BC بر روی دو خط (ه ب) و (ق س) قرار گیرند و سطح هر دو مثلث بر صفحه (ش) عمود گردد و به وسیله دو پیچ کوچک شاخص محوری مزبور را به صفحه (ش) نصب و محکم می‌کنند.

پس از آن صفحه (ش) را در سطح زمین یا در دیوار طوری نصب می‌کنند که خط (ج ش) قائم بوده و عمود بر سطح افق باشد [نقطه (ش) در بالا و نقطه (ج) در پایین] و خط (غ م) موازی با سطح افق بوده، به علاوه در امتداد خط مشرق و مغرب معتدل واقع شود به طوری که نقطه (غ) در سمت مغرب معتدل و نقطه (م) در طرف مشرق معتدل واقع شود. در این صورت صفحه (ش) رو به جنوب افق بلد خواهد بود و خط الرأس های BA و FE (شکل هفتم) موازی با سطح افق بلد و در امتداد خط جنوب و شمال سطح مزبور خواهد ایستاد. و چون زوایای A و E معادل عرض بلد فرض شده دو خط الرأس ED و AC موازی با محور زمین و امتداد آنها به قطب عالم (ستاره جدی) منتهی خواهد شد. بنابراین سایه این دو خط الرأس می‌توانند تشخیص دهنده ساعات روز باشند.



شکل هفتم

حال اگر فرض کنیم که سطحی از نقطه D و C بر دو خط الرأس ED و AC عمود شود سطح مفروض با صفحه (ش) زاویه دو سطحی تشکیل می دهد به اندازه عرض جغرافیایی بلد. بنابراین هرگاه تصویر زوایای متساویه را که سایه دو خط الرأس ED و AC در سطح مفروض احداث می کند در صفحه (ش) رسم کنیم سایه خط الرأس های مزبور در سطح (ش) ساعات روز را به ما نشان خواهد داد. واضح است که نیمه اول روز یعنی از شش ساعت بعد از نصف شب تا ظهر سایه خط الرأس CA در ربع دایره (ق س غ) و نیمه دوم روز یعنی از ظهر تا شش ساعت بعد از ظهر سایه خط الرأس ED در قسمت های ربع دایره (ه م ب) گردش کرده ساعات روز را نشان می دهند. طریقه ترسیم تصویر زوایای متساویه حادثه در سطحی که عمود بر دو خط الرأس فرض کردیم در سطح (ش) عیناً همان است که در گانهمای افقی سابقاً نوشته شده. تنها فرقی که دارد این است که در آنجا زاویه تصویر به اندازه متمم عرض بلد بود و در اینجا به اندازه عرض بلد است.

بنابراین فرمول استخراج زوایایی که باید در گانهمای قائم رسم شود تنها فرقی که با فرمول زوایای گانهمای افقی خواهد داشت این است که باید (جیب ض) را در فرمول گانهمای افقی بدل به (جم ض) نمود تا فرمول گانهمای قائم به دست آید. یعنی زاویه ای که هر یک از خطوط تصویر با خط (ق س) و (ه ب) ایجاد می کند. ظل آن زاویه مساویست با ظل آنقدر درجه که آفتاب از دایره نصف النهار فاصله دارد (هر پانزده درجه يك ساعت زمان است) تقسیم بر جیب تمام عرض بلد. و چون ما حرف (س) را علامت عدّه درجات فاصله آفتاب از دایره نصف النهار بلد قرار دادیم و حرف (ض) را علامت زاویه عرض بلد اختیار کردیم و حرف (ط) را زاویه مطلوب فرض کردیم پس برای مدرج کردن صفحه گانهمای قائم فرمول ذیل را خواهیم داشت:

$$\text{ظل س} = \frac{\text{ظل ط}}{\text{جم ض}}$$

یا

$$\text{کلگ جم ض} + \text{لگ ظل س} = \text{لگ ظل ط}$$

مثال - می خواهیم اندازه زاویه ای را که سایه شاخص محوری در صفحه گانهمای قائم با خط شاخص قائم گانهما (خط ق س یا ه ب) در دو ساعت قبل از ظهر یا دو ساعت بعد از ظهر در طهران ایجاد می کند پیدا کنیم.^۱ می گوئیم دو ساعت قبل از ظهر یا بعد از ظهر آفتاب از دایره نصف النهار بلد ۳۰ درجه فاصله دارد (هر ۱۵ درجه يك ساعت). بنابراین (س) ۳۰ درجه است و عرض طهران یا

۱. خط قائم گانهمای قائم را خط جنوب و شمال و خط نصف النهار می نامند زیرا که تصویر نصف النهار در سطح قائم گانهما همین خط خواهد بود.

(ض) ۳۰ درجه و ۴۱ دقیقه.

لگ ظل ۳۰ درجه = $1/7614394$

کلگ جم ض = $0/0903085$

جمع دو عدد فوق = $1/8517479$

که لگاریتم زاویه مطلوب است و چون قوس آن را استخراج کنیم ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه و ۱۹ ثانیه به دست خواهد آمد. حال چون دو خط رسم کنیم که یکی با خط (ق س) در ربع دایره (ق س غ) و یکی با خط (ه ب) در ربع دایره (ه ب م) به اندازه ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه و ۱۹ ثانیه زاویه تشکیل داده و رأس آنها دو نقطه (ه) و (ق) باشد دو ساعت قبل از ظهر و دو ساعت بعد از ظهر سایه شاخص محوری با این دو خط منطبق خواهد شد.

ما اندازه زوایایی را که سایه شاخص محوری با خط قائم صفحه گاهنمای قائم ایجاد می‌کند استخراج نموده ذیلاً می‌نگاریم:

ثانیه	دقیقه	درجه	یک ساعت قبل از ظهر و بعد از ظهر
۲۵	۱۵	۱۸	دو
۱۹	۲۴	۳۵	سه
۵۳	۵۴	۵۰	چهار
۳۲	۵۲	۶۴	پنج
۱۷	۴۳	۷۷	شش
۰	۰	۹۰	



زوایای صفحه شکل ششم نیز حتی المقدور مطابق اندازه ارقام فوق ترسیم شده که بتوان از روی آن بدون استعانت نقاله مثل آن رسم نمود.

گاهنمای کروی

گاهنمای کروی^۱ پس از شاخص ساده قدیمی‌ترین آلتی است که برای شناختن اوقات به استعانت سایه آفتاب اختراع شده و آن نیم‌کره معقریست که در سطح مقعر آن نصف‌النهارات به شرح ذیل رسم شده.

۱. اول دفعه که این گاهنما اختراع شده آن را در زمین طوری نصب می‌کرده‌اند که سطح مقطع کره موازی با افق بلد می‌شده و عوض مفتول آن شاخص قائم ساده به کار می‌برده‌اند که آن را به طور قائم در قطب مقطع در داخل کره نصب می‌کرده‌اند و طولش مساوی شعاع کره بود و سایه آن در مدت روز ساعات معوجه را نشان می‌داده است.



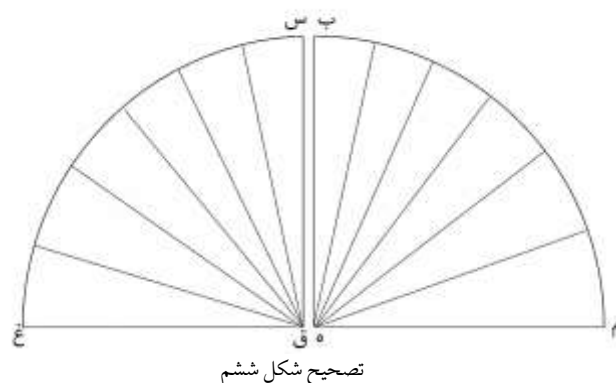
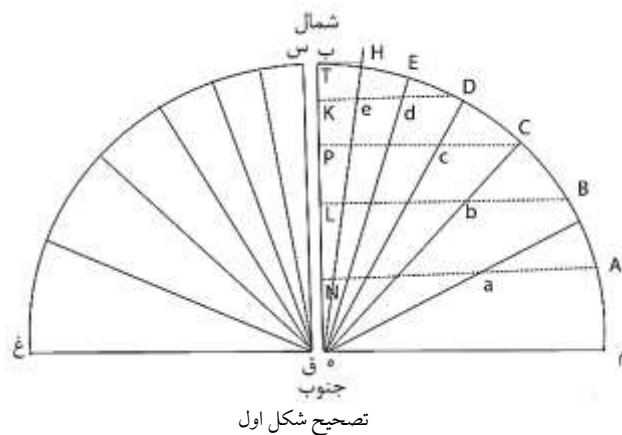
سطح مقطع آن را که یکی از دوایر عظیمه کره است به منزله سطح نصف النهاری فرض می کنند که بر نصف النهار بلد عمود باشد و دو نقطه انتها الیه یکی از اقطار سطح مقطع مزبور را دو قطب جنوب و شمال فرض کرده یازده نیم دایره در سطح داخلی این نیم کره به دو نقطه مزبور مرور می دهند به طوری که نیم دایره های مزبور با دو نیم دایره مقطع، سطح داخلی نیم کره را به دوازده قسمت مساوی تقسیم کند. واضح است هر قسمت از آن ۱۵ درجه خواهد بود و مفتول باریکی دو نقطه قطب را به خط مستقیم به یکدیگر مربوط می سازد که به منزله محور زمین فرض می شود. حال اگر این نیم کره را طوری قرار بدهند که مفتول مزبور در سطح نصف النهار بلد با سطح افق بلد زاویه مساوی با عرض جغرافیایی بلد تشکیل دهد که رأس زاویه در سمت جنوب باشد (در نیم کره شمالی) سطح مقطع درست موازی با سطح افق استوا خواهد شد و مفتول که موازی با محور زمین است شاخص محوری شده، سایه آن در ضمن حرکت یومیه آفتاب در ازمنه متساویه درجات متساویه داخل کره را می پیماید و در هر ساعت یکی از قسمت هایی را که نصف النهارات مرسومه ایجاد کرده اند پیموده و ساعات روز را نشان خواهد داد.

این بود اقسام سه گانه گانهما که متداول است و در هر شهری زاویه آنها تغییر می پذیرد لذا این سه قسم گانهما گانهمای ثابت هستند. یعنی نمی توان آنها را از محلی به محل دیگر نقل کرد و نیز باید دانست که گانهمای قائم و گانهمای کروی هر دو فقط شش ساعت قبل از ظهر و شش ساعت بعد از ظهر ساعات روز را نشان می دهند و قبل از ساعت شش صبح و بعد از ساعت شش بعد از ظهر آفتاب از صفحه آنها غروب و به پشت صفحه می تابد به عکس گانهمای افقی که در تمام روز آفتاب در صفحه آن باقی بوده و می توان از روی آن ساعات را معین کرد.

۴- در شماره دوم و سوم این مجله تحت عنوان فوق يك اشتباه مهمی شده که در نتیجه زوایای شکل اول و شکل ششم به عکس ترتیب واقعی ترسیم شده اند! اشتباه مزبور به طور اجمال از قرار است که ذیلاً نوشته می شود: برای ترسیم تصویر خطوط فاصل زوایای متساویه افق قطبی در سطح افق یا سطح قائم بلد باید خط شاخص محوری که موازی با محور زمین است محور تصویر قرار داده شود.

به این معنی که اگر تصویر یکی از خطوط فاصل زوایای متساویه افق قطبی را بخواهیم در سطح افق یا سطح قائم بلد پیدا کنیم باید سطحی بر آن خط و بر خط شاخص محوری مرور دهیم تا سطح افق یا سطح قائم بلد را قطع کند. در این حال فصل مشترك تصویر آن خط خواهد بود یا یکی از نقاط خط مزبور را به دو نقطه از نقاط خط شاخص محوری وصل کرده امتداد دهیم تا به دو نقطه از سطح افق یا سطح قائم بلد برسد و دو نقطه مزبور را به یکدیگر وصل نموده امتداد دهیم تا تصویر مطلوب به دست آید. در این قسم از تصویر، زوایای تصویر شده از سمت فصل مشترك دو

سطح (خط مشرق و مغرب) بزرگ بوده و به تدریج کوچک می‌شوند و هرگاه تصویر قائم زوایا را رسم کنیم بالعکس زوایا در سمت فصل مشترك کوچک بوده و به تدریج بزرگ می‌شوند ولی هرگاه زاویه تصویر یکی باشد اندازه زوایا تغییر نمی‌کند و در هر دو قسم از تصویر اندازه زوایا یکی است فقط ترتیب زوایا در دومی به عکس اولی است. بنابراین هرگاه بخواهیم به وسیله رسم تصویر قائم، زوایای گاهنما را ترسیم کنیم بایستی عوض خط (م غ) (خط مشرق و مغرب) خط (ب ه) و (س ق) (خط نصف النهار) را فصل مشترك زاویه تصویر فرض کرده و عمل نماییم تا از رسم تصویر قائم نتیجه مطلوبه حاصل گردد و ما با اینکه در ساختن گاهنماهای متعدد همین عمل را مکرر انجام داده و در یادداشت اولیه خود نیز همین عمل را کرده‌ایم در موقع پاک نویسی از این مسئله غفلت کرده و در نتیجه زوایای شکل اول و شکل ششم به عکس ترتیب مطلوب ترسیم شده‌اند. فرمول‌هایی که برای تعیین زوایای صفحه گاهنمای افقی و قائم استخراج کرده‌ایم صحیح است ولی مبداء زوایا را باید از خط مشرق و مغرب گرفت نه از خط نصف النهار و ما در اینجا شکل اول و شکل ششم را تصحیح نموده رسم می‌کنیم.



و نیز اندازه درجاتی که برای گاهنمای افقی در شماره دوم نوشته شده به عکس ترتیب واقعی می باشد و صحیح آن از قرار ذیل است:
اندازه زوایایی که در گاهنمای افقی سایه شاخص محوری با خط مشرق و مغرب می سازد از قرار ذیل است:

۰ درجه ۰ دقیقه ۰ ثانیه	۶ ساعت قبل از ظهر ۶ ساعت بعد از ظهر
۱۸ ، ۱۵ ، ۲۵ ،	۵ ، ، ۵ ،
۳۵ ، ۲۴ ، ۱۹ ،	۴ ، ، ۴ ،
۵۰ ، ۵۴ ، ۵۳ ،	۳ ، ، ۳ ،
۶۴ ، ۵۲ ، ۳۲ ،	۲ ، ، ۲ ،
۸۷ ، ۴۳ ، ۱۷ ،	۱ ، ، ۱ ،
۹۰ ، ، ۰ ،	ظهر

فرمول استخراج زوایا در گاهنمای افقی و قائم همان است که در شماره دوم و در شماره سوم نوشته شده فقط عوض اینکه عدۀ درجاتی را که آفتاب در مدار یومیۀ خود از دایرۀ نصف النهار فاصله دارد به حرف (س) نمایش دهیم باید متمم درجات مزبوره را (س) فرض کنیم و مبدأ زوایا را نیز خط مشرق و مغرب قرار دهیم.

اگر مبدأ زوایا را خط نصف النهار قرار دهیم

در صورتی که بخواهیم مبدأ زوایا را خط نصف النهار قرار داده و حرف (س) را نیز نماینده عدۀ درجات فاصله آفتاب (در مدار یومیۀ) از دایرۀ نصف النهار فرض کنیم باید برای تعیین درجات زوایای گاهنمای افقی فرمول ذیل را به کار ببریم:

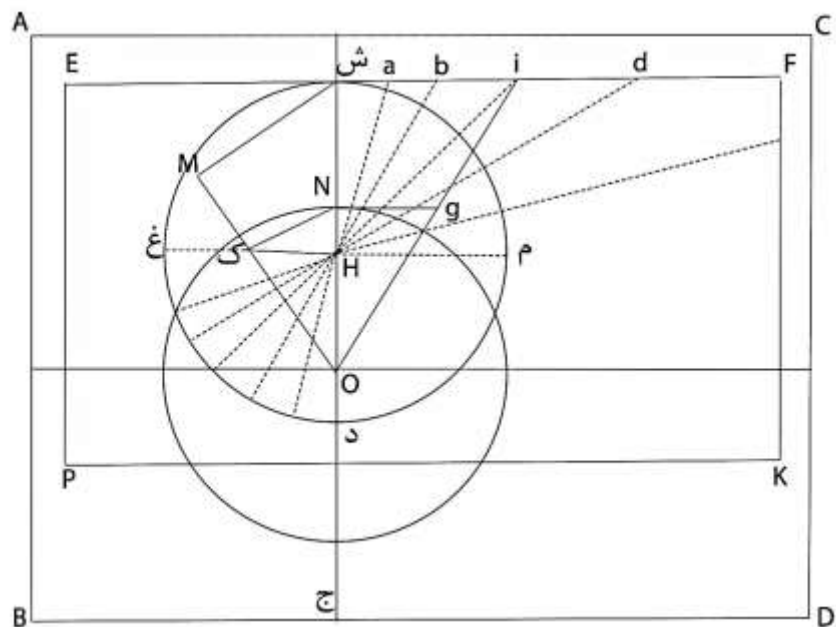
$$\text{لگ جیب ض} + \text{لگ ظل س} = \text{لگ ظل ط}$$

برهان-۱- در شکل اول عمودی از نقطۀ (ب) بر شعاع (ب ه) اخراج می کنیم تا در نقطۀ H امتداد (ه ه) را قطع کند. نظر به تشابه دو مثلث (ب ه H) و (ه ه T) این تساوی محقق است

$$\frac{\text{ب ه}}{\text{ه T}} = \frac{\text{H ب}}{\text{T ه}}$$

و چون (ب ه) واحد فرض شده و (ه T) نیز جیب تمام زاویۀ (ه ب ه) است که زاویۀ مزبوره به حرف (س) نمایش داده می شود و (ب ه H) ظل زاویۀ مطلوب است پس می توانیم بنویسیم:

$$\text{ظل ط} = \frac{\text{ه T}}{\text{جیب س}}$$



شکل هشتم

و از طرفی (e T) را مساوی با قطعه خط (O ت) شکل دوم جدا کرده ایم و در شکل مزبور نظر به تشابه دو مثلث (O م M) و (O ت T) این تساوی محقق است.

$$\frac{TO}{OM} = \frac{O_t}{O_m}$$

و چون $O_m =$ جیب عرض بلد و جیب س $= TO = Te$ و (OM) واحد فرض شده پس:

$$\text{جیب س} = \frac{e T}{\text{جیب ض}}$$

یا

$$Te = \text{جیب ض} \times \text{جیب س}$$

و اگر در معادله (۱) به جای Te مساوییش جیب ض $\times$ جیب س را قرار دهیم خواهیم داشت:

$$\text{ظل ط} = \frac{\text{جیب ض} \times \text{جیب س}}{\text{جم س}}$$

$$\frac{\text{جیب س}}{\text{جم س}} = \text{ظل س}$$

و چون

$$\text{جیب ض} \times \text{ظل س} = \text{ظل ط}$$

لگ جیب ض + لگ ظل س = لگ ظل ط
فهرالمطلوب

حال ثابت می‌کنیم که اگر خط شاخص محوری را محور تصویر قرار دهیم باز همین فرمول برای اندازه زوایا به دست می‌آید و به همین نتیجه خواهیم رسید.
استخراج فرمول زوایای صفحه گاهنمای افقی در صورتی که شاخص محوری را محور تصویر قرار دهیم:

در سطح مستوی و افقی (CBAD) شکل هشتم خط نصف النهار (ج ش) را رسم می‌کنیم به طوری که (ش) جهت شمال و (ج) سمت جنوب باشد و خط (MO) را در سطح مزبور طوری رسم می‌کنیم که با خط (ش ج) زاویه‌ای به اندازه عرض بلد تشکیل دهد. پس از آن از نقطه‌ای چون M عمود بر خط (OM) اخراج می‌کنیم تا در نقطه (ش) خط نصف النهار را تلاقی کند و قطعه خط (M ش) را واحد فرض کرده به شعاعی مساوی آن دایره‌ای رسم می‌کنیم که مرکز آن نقطه (O) باشد تا در نقطه‌ای مثل N خط (ش ج) را قطع کند و چون در مثلث O ش M وترش $M < O$ ش پس $ON > O$ ش و از نقطه N عمود (N ك) را بر خط OM فرود می‌آوریم. واضح است عمود مزبور جیب عرض بلد خواهد بود.

حال سطح مستطیل شکل KPEF را فرض می‌کنیم که بر سطح CBAD منطبق شده است به طوری که ضلع EF عمود بر خط (ش ج) و وسط EF منطبق بر نقطه (ش) باشد و در سطح KPEF دایره (H ش) را به شعاع واحد طوری رسم می‌کنیم که مرکز H در فاصله دو نقطه (ش) و (O) و محیط آن در نقطه (ش) بر خط EF مماس گردد و قطر (م غ) را بر قطر (ش د) عمود می‌کنیم و محیط نیم دایره (م د غ) را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم نموده نقاط تقسیم را به مرکز H وصل و امتداد می‌دهیم تا خط EF را در نقاط a و b و i و d تلاقی کند. واضح است قطعات (ش a) و (ش b) و (ش i) و (ش d) و ... اضلال زوایای (ش H a) و (ش H b) و (ش H i) و (ش H d) و ... هستند حال اگر سطح KPEF ش را به دور محور EF دوران داده به قدری آن را از سطح افقی CBAD از يك سمت دور کنیم که با سطح مزبور زاویه دو سطحی تشکیل دهد به اندازه متمم عرض بلد و نیز مثلث (ش OM) را در حول محور (ش O) دوران دهیم تا سطح مثلث بر سطح CBAD عمود گردد در این حال چون زاویه (ش O M) به اندازه متمم عرض بلد است و رأسش در فصل مشترك دو سطح KPEF و CBAD واقع شده ضلع (ش M) منطبق بر (ش H) شده نقطه M منطبق بر نقطه H گردیده و ضلع OM بر سطح دایره H عمود خواهد شد و بعد ضلع MO موازی با محور زمین و سطح دایره (H) موازی سطح افق قطب می‌گردد.

در این صورت اگر خط MO را شاخص محوری فرض کنیم سایه آن در سطح دایره H در ازمنه متساویه زوایای متساویه خواهد پیمود و در موقعی که آفتاب در حرکت ظاهری یومیه در مقابل ربع دایره (دغ) حرکت می کند سایه (OM) در هر ساعت قسمتی از زوایای متساویه ربع دایره (شم) را طی می کند و در آخر هر ساعت سایه آن به یکی از نقاط a و b و i و d و وو که در فصل مشترک دو سطح واقعند و منتهاالیه اضلال زوایای (ش H a) و (ش H b) و غیره هستند، منطبق می گردد و چون نقاط a و b و i و ... در سطح افقی CBAD واقعند و نقطه دیگر از سایه همیشه در سطح مزبور در نقطه O می باشد، پس دو نقطه از تصویر تمام خطوط تقسیم دایره افق قطب در سطح افق بلد معین می شود و برای ترسیم خطوط تصویر کافی است که نقاط a و b و i و d و ... را به نقطه مشترک (O) وصل کنیم. اکنون برای استخراج فرمول می گوئیم زاویه (ش O i) تصویر زاویه (ش H i) است. از نقطه منتهاالیه شعاع (ON) عمودی بر شعاع مزبور اخراج می کنیم تا در نقطه g خط iO را تلاقی کند. پس Ng ظل زاویه مطلوب خواهد بود. نظر به تشابه دو مثلث (ش i O) و (OgN) این تساوی محقق است.

$$\frac{NO}{\text{ش } O} = \frac{Ng}{\text{ش } i}$$

و چون (ش i) ظل س و Ng ظل زاویه مطلوب است و NO مساوی واحد فرض شده پس:

$$\frac{1}{\text{ش } O} = \frac{\text{ظل س}}{\text{ظل ش}} \quad \text{یا} \quad \frac{\text{ظل س}}{\text{ظل ش}} = \frac{1}{\text{ش } O} \quad (۲)$$

و نظر به تشابه دو مثلث (ش OM) و (ش ON) تساوی ذیل محقق است:

$$\frac{\text{ش } M}{NO} = \frac{\text{ش } N}{\text{ش } O}$$

چون (NO) و (ش M) مساوی واحد و (ش N) مساوی جیب عرض بلد می باشد پس

$$\text{ش } O = \frac{1}{\text{جیب ض}} \quad \text{یا} \quad \frac{\text{ش } O}{1} = \frac{1}{\text{جیب ض}}$$

اگر در معادله (۲) به جای (ش O) مساویش $\frac{1}{\text{جیب ض}}$ را قرار دهیم خواهیم داشت:

$$\frac{1}{\text{جیب ظل}} : \text{ظل س} = \text{ظل ط}$$

یا

جیب ض $\times$ ظل س = ظل ط

یا

لگ جیب ض + لگ ظل س = لگ ظل ط

و هو المطلوب

و هر گاه زاویه (OMش) را مساوی متمم عرض بلد و سطح (CBAD) را سطح قائم فرض کنیم، به طریقی مشابه همین که نوشتیم می توان ثابت کرد که فرمول زوایای صفحه گاهنمای قائم عبارت است از:

لگ جیب ض + لگ ظل س = لگ ظل ط

این طریقه که گفتیم فقط برای استخراج فرمول ها مناسب است ولی برای ترسیم عملی چون ظل زاویه های بیش از ۴۵ درجه به تدریج بزرگ می شوند و صفحه گنجایش آن را ندارد، بهترین طریقه همان طریقه تصویر قائم است مشروط بر اینکه به طوری که ذکر شد صفحه ای را که زوایای متساویه در آن رسم شده، شعاع آن را منطبق بر خط مشرق و مغرب فرض کرده تصویر آن را در سطح تصویر رسم نمایند.

گاهنمای سیار

بهترین و جدیدترین گاهنماها گاهنمای سیار است. زیرا که این گاهنما را می توان از محلی به محلی و از شهری به شهری انتقال داد و طوری ساخته شده که در هر نقطه می توان آن را مطابق عرض همان نقطه میزان کرده و تعیین وقت نمود و ساختمان آن از قرار ذیل است.

دو دایره فلزی که شعاع هر یک تقریباً ده سانتی متر است ساخته اند که یکی از آنها بالای دیگری قرار گرفته و به وسیله لولایی به یکدیگر متصل شده اند، به طوری که دایره فوقانی می تواند در حول لولا حرکت کرده با دایره تحتانی زاویه های مختلف دو سطحی تشکیل دهد و یک ربع دایره مدرج که به دایره تحتانی متصل و محکم شده و دایره فوقانی می تواند به آزادی در مقابل درجات آن حرکت کند، زاویه دوسطحی هر عرض را تعیین می کند.

در وسط دایره تحتانی یک عقربه مقناطیس و در دو طرف آن نزدیک به محیط دایره دو طراز از دو جهت مختلف نصب شده و این دایره به وسیله سه عدد پایه روی زمین قرار داده می شود و پایه ها به وسیله پیچانیدن بلند و کوتاه شده طرازاها افقی بودن سطح دایره را نشان می دهند و به وسیله عقربک مقناطیس خط جنوب و شمال را در امتداد نصف النهار بلد قرار می دهند. در سطح دایره فوقانی یک شاخص محوری نصب شده است؛ مطابق شاخص گاهنمای افقی عرض شصت درجه و سطح دایره مزبور را نیز مطابق صفحه گاهنمای افقی شصت درجه عرض

شمالی مدرج نموده ساعات و اجزاء ساعات را تا دقیقه در آن رسم کرده‌اند. سطح فوقانی این گاهنما در عرض شصت درجه باید افقی باشد. لذا در منتهاالیه ربع دایره مدرج رقم شصت نوشته شده و هر چه از شصت درجه عرض به خط استوا نزدیک شویم به همان اندازه درجه صفحه فوقانی را بالا می‌آورند تا در خط استوا صفحه فوقانی با صفحه تحتانی که همیشه افقی است يك زاویه شصت درجه تشکیل دهد و در این حال صفحه در مقابل رقم صفر که در ربع دایره ثبت شده خواهد ایستاد. بنابراین ربع دایره تا درجه شصتم تقسیم بندی شده و از پایین به بالا از شصت تا صفر رقم در آن ثبت شده که رقم شصت در منتهاالیه تحتانی ربع دایره واقع شده و در هر عرضی صفحه فوقانی را به قدری بالا می‌آورند که در مقابل رقم نماینده عرض مزبور قرار گیرد و به وسیله پیچ کوچکی محکم می‌کنند. واضح است مطابق هر عرضی که قرار داده شود شاخص محوری همواره موازی با محور زمین بوده و تصویر زوایای متساویه سطح مفروض، عمود بر آن در صفحه فوقانی مرسوم است و وقت را نشان می‌دهد.

