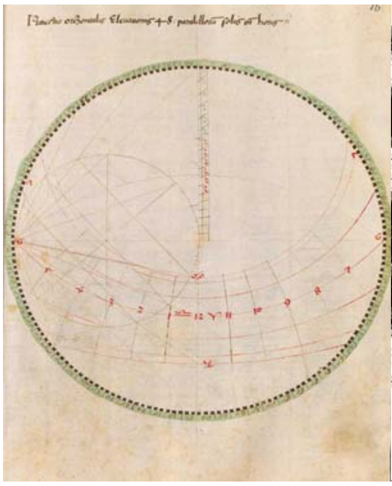
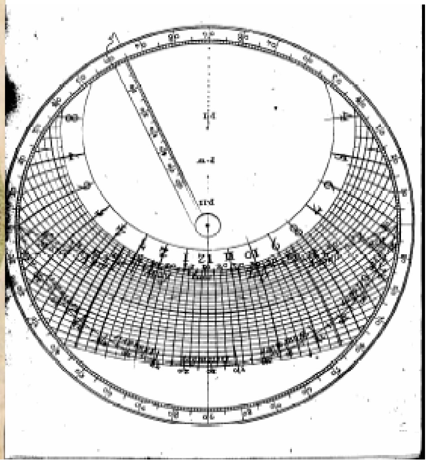
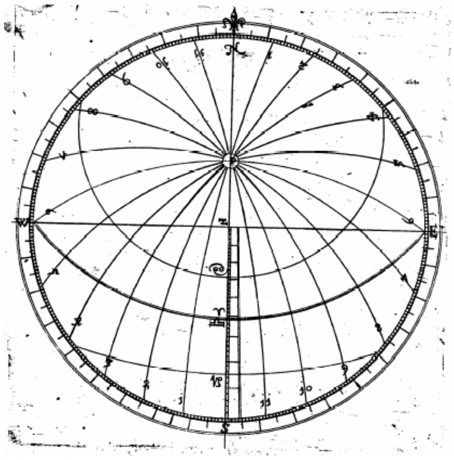
L'OROLOGIO SOLARE DI OUGHTRED UN SECOLO PRIMA DI OUGHTRED!

Nicola Severino, Roccasecca (FR), Italy, Febbraio 2009 – www.nicolaseverino.it

That's great. This figure does indeed look like a fullblown dial instead of just a study of the stereographic projection. John Schilke is struggling with finding anything in the earlier piece that suggests that he's working on an actual dial - it seems to be just a study in approximating a stereographic projection - but this one seems to be clearly a dial.
Fred Sawyer,October 2008

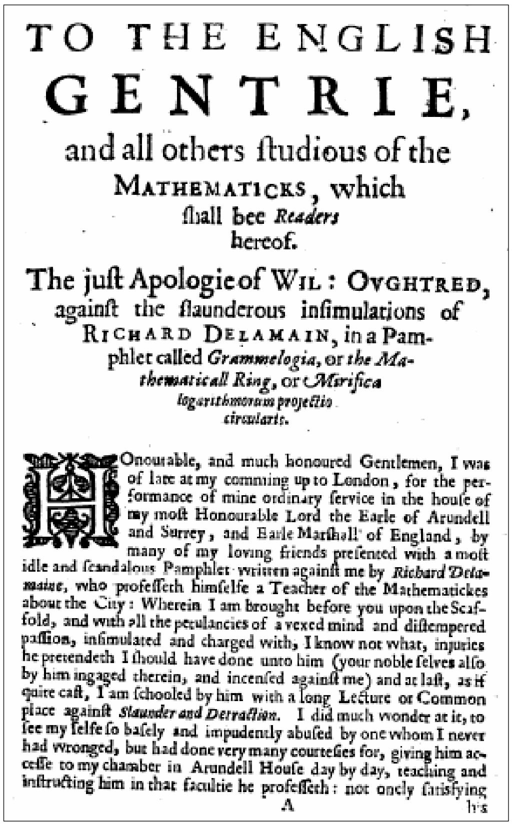
La cosa più stupefacente nella storia dell'Orologio solare detto di "Oughtred", è che esso fu la causa di una accesa e duratura discussione, che prese toni così polemici da minare i rapporti di lavoro e quelli amichevoli tra i due personaggi che se ne contendevano l'invenzione. La disputa può essere seguita nei suoi punti essenziali nell'ermetico e chiaro articolo di Fred Sawyer, la massima autorità su questo argomento, presidente della Nass (North American Sundial Society), che si riporta in traduzione italiana integrale qui sotto. Come sempre accade, un oggetto scientifico e, se vogliamo, artistico, che esercita un certo fascino sul ceto medio della società del XVII secolo, può divenire nelle mani di un artista una buona fonte di guadagno e quindi di interesse economico. Così accadde per l'orologio di Oughtred, in seguito alle vicende che videro il suo presunto autore, il matematico eccelso William Oughtred[1] e il suo allievo Richard Delamain in forte contrasto sull'attribuirsi la propria paternità dell'invenzione di questo strumento. Il risultato fu che l'orologio - oggetto di una tale disputa, resa per giunta pubblica in ogni suo dettaglio fino a pubblicare negli stessi libri di questi autori interi capitoli di discredito l'uno nei riguardi dell'altro - divenne talmente famoso da essere richiesto a gran voce, aumentando considerevolmente il numero di copie da realizzarne nelle botteghe artigiane di Londra. Elias Allen era reputato in quei tempi il miglior costruttore di strumenti scientifici e gnomonici dell'Inghilterra e realizzò molti esemplari di entrambe le versioni dell'orologio di Oughtred, quella singola, composta del solo orologio orizzontale a proiezione stereografica e

[1] In un articolo pubblicato su questo sito ho esaminato a fondo la vita e le opere di questo straordinario personaggio.

quella doppia (vedi il testo in fondo all'articolo).
Negli ultimi decenni, gli studiosi si sono prodigati nel cercare un esempio dell'orologio di Oughtred nella letteratura scientifica, anteriore a questo autore, ma, sebbene si siano trovati esemplari di proiezioni stereografiche orizzontali, non è mai stato trovato un disegno che potesse dirsi davvero un "orologio di Oughtred". Uno dei maggiori "cacciatori" di queste rarità è Fred Sawyer a cui io stesso ho più volte sottoposto in passato alcune immagini che mostravano figure simili, ma non definibili come possibile orologio di "Oughtred". Così, fino ad almeno il mese di ottobre 2008, la paternità di questo strumento rimaneva ancora accreditata al celebre matematico inglese. Poi la scoperta, inaspettata e casuale come sempre.

Nel bellissimo codice manoscritto "Astromonische Zeichnungen" di cui abbiamo già avuto modo di apprezzare qualche pagina anche grazie all'altra scoperta, sempre condivisa piacevolmente con i grandi autori Fer de Vries e Fred Sawyer, dell'immagine più antica conosciuta di un timpano astrolabio su cui sono disegnate manualmente le ore Planetarie Eclittiche di Sacrobosco, esiste un'altra immagine che è quella di un orologio orizzontale azimutale perfettamente riconducibile ad un "quadrante di Oughtred". Dopo la mia prima comunicazione, immediatamente Fer de Vries, ne ha calcolato i parametri con il programma del suo computer e ne ha confermato non solo l'autenticità, ma anche una elevatissima precisione di costruzione! Stiamo parlando di un "orologio di Oughtred" orizzontale, semplice, descritto nel periodo 1508-1520, cioè oltre un secolo prima delle pubblicazioni di Oughtred su questo orologio.
E' possibile che Oughtred abbia "re-inventato" questo strumento indipendentemente da altre pubblicazioni precedenti, oppure che abbia avuto modo di vederlo descritto in qualche libro tedesco (come è quello che citiamo) e ne abbia curato una nuova descrizione con i miglioramenti che si conoscono.

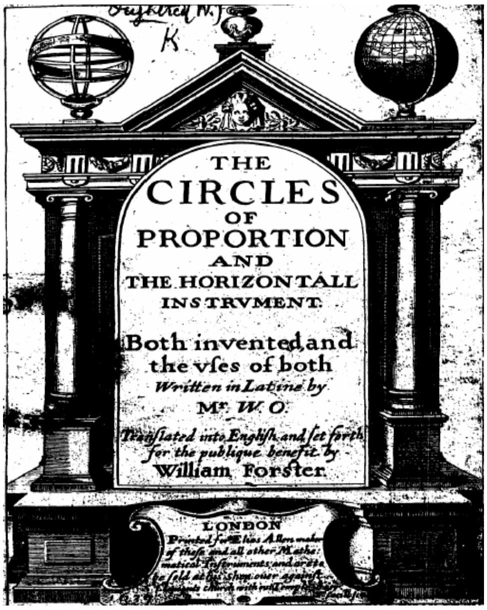
A noi non resta che proporre al lettore questo "storico ritrovamento", come lo ha definito Fred in una sua e-mail quando gli inviai l'immagine nell'autunno 2008.


TO THE ENGLISH GENTRIE,
and all others studious of the MATHEMATICKS, which shall bee Readers hereof.

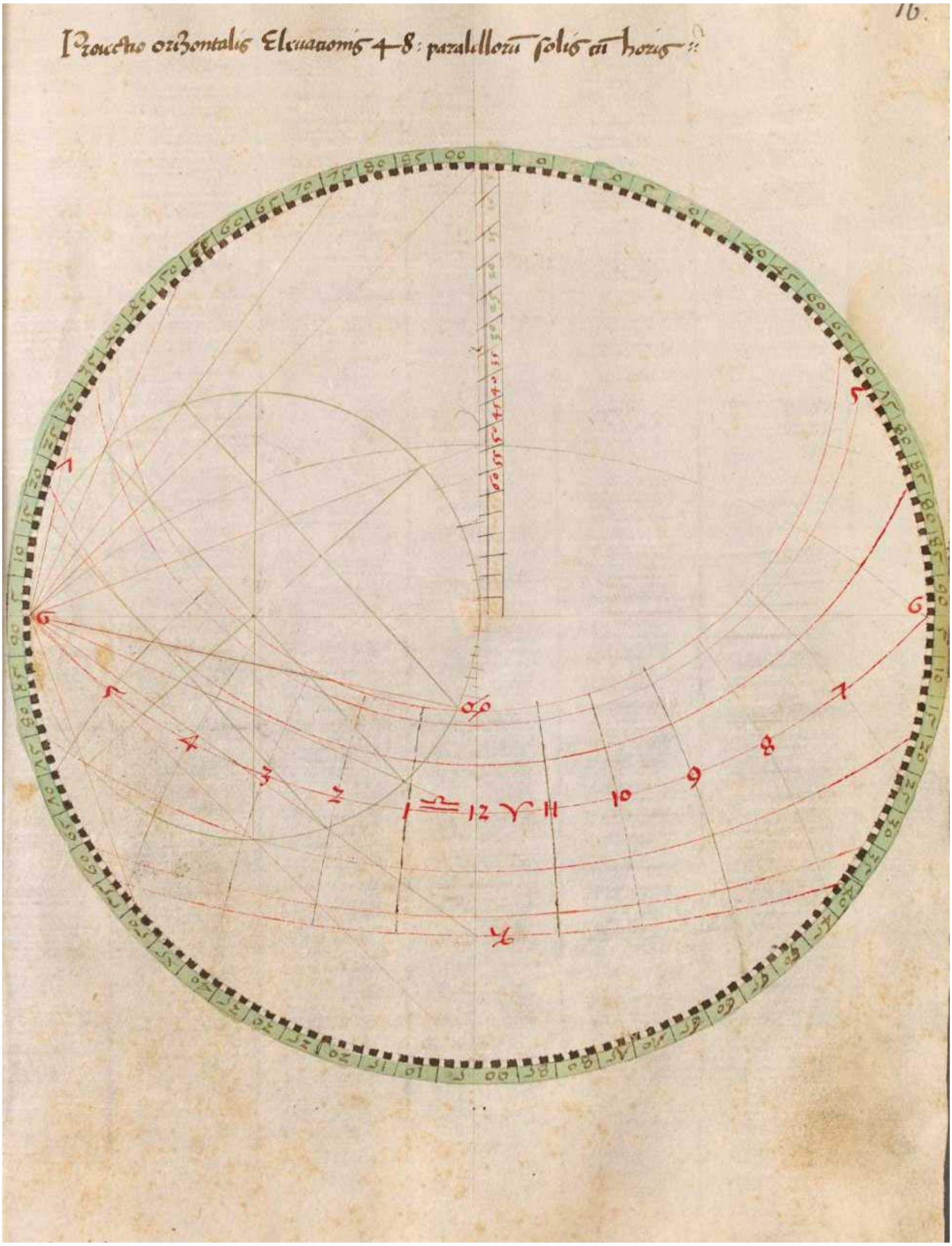
The just Apologie of WIL: OUGHTRED, against the slaunderous insimulations of RICHARD DELAMAIN, in a Pamphlet called *Grammelogia, or the Mathematicall Ring, or Mirifica logarithmorum projectio circularis.*

HOnourable, and much honoured Gentlemen, I was of late at my comming up to London, for the performance of mine ordinary service in the house of my most Honourable Lord the Earle of Arundell and Surrey, and Earle Marshall of England, by many of my loving friends presented with a most idle and scandalous Pamphlet written against me by *Richard Delamaine*, who professeth himselfe a Teacher of the Mathematickes about the City: Wherein I am brought before you upon the Scaffold, and with all the petulancies of a vexed mind and distempered passion, insimulated and charged with, I know not what, injuries he pretendeth I should have done unto him (your noble selves also by him ingaged therein, and incensed against me) and at last, as if quite cast, I am schooled by him with a long Lecture or Common place against *Slaunder and Detraction*. I did much wonder at it, to see my selfe so basely and impudently abused by one whom I never had wronged, but had done very many courtesies for, giving him accesse to my chamber in Arundell House day by day, teaching and instructing him in that facultie he professeth: not onely satisfying
A his

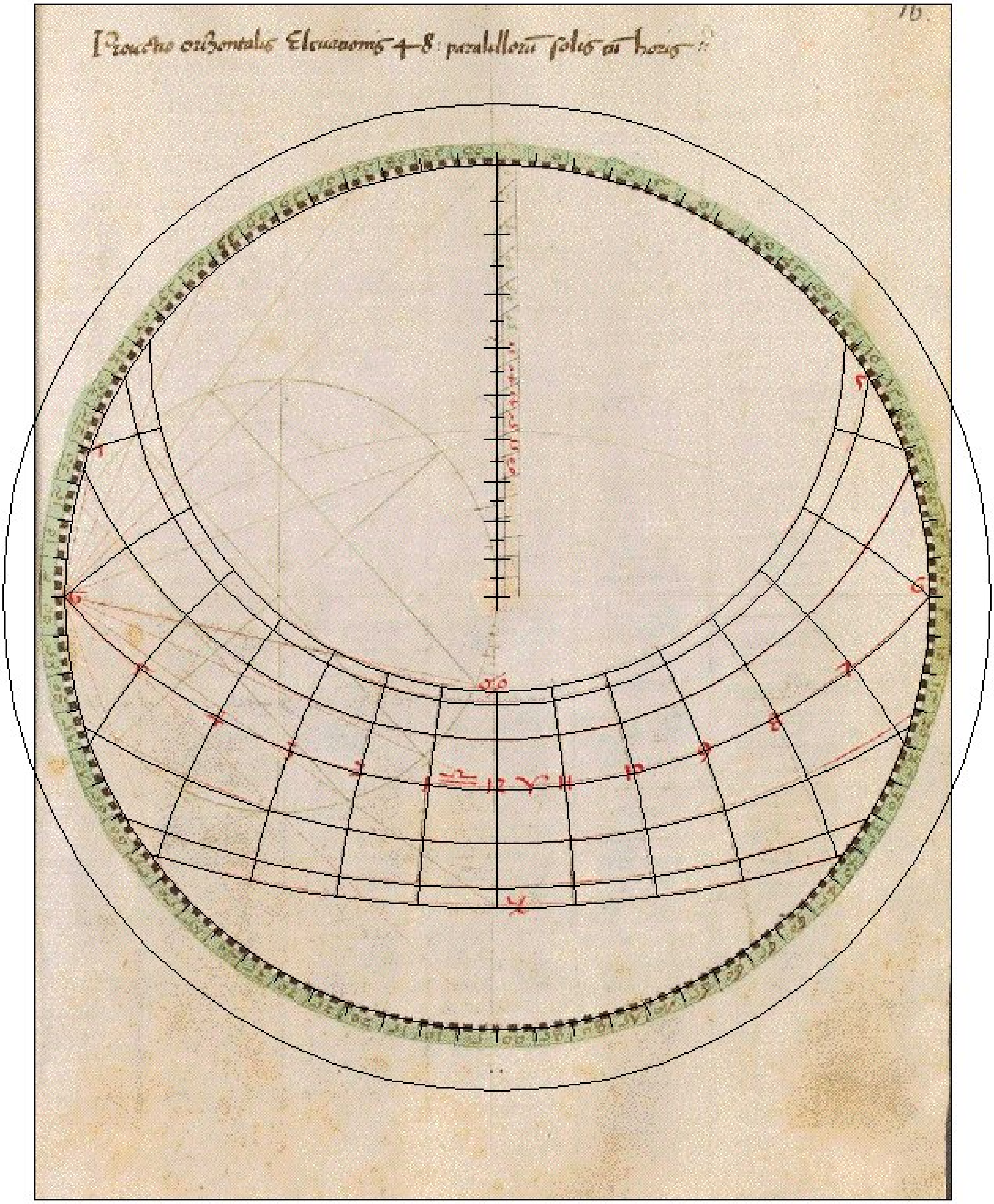
A sinistra: Il frontespizio del libro di William Forster sui Cerchi di Proporzione e sull'orologio Orizzontale di Oughtred. A destra la prima pagina della lettera di "riappacificazione" che Oughtred indirizza a Delamain.



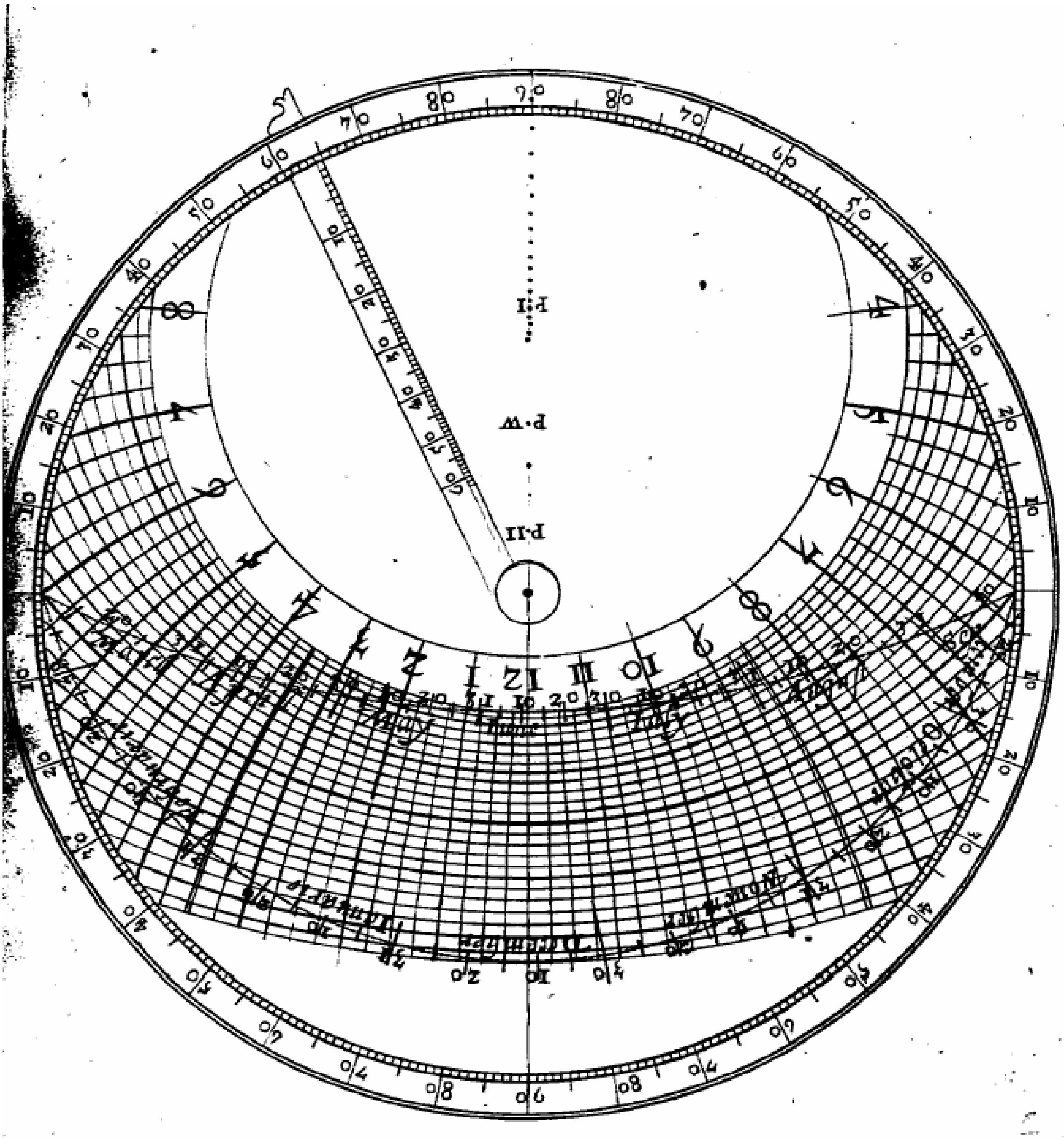
Qui sotto la figura scoperta dal vostro autore nel codice Astronomiche Zeichnungen del 1508.
Si vede la costruzione geometrica dell’orologio di “Oughtred”, la scala delle declinazioni e la dicitura “Proiectio orizontalis Elevationis 48: parellelorum polis cum horis…”



Qui sotto si vede la stessa immagine con la sovrapposizione del tracciato orario calcolato da Fer de Vries al computer per la latitudine di 48 gradi. La sovrapposizione è praticamente perfetta!



Qui sotto, l’orologio di Oughtred come descritto nei libri del matematico inglese a partire dal 1632.



IL DOPPIO QUADRANTE ORIZZONTALE DI OUGHTRED

FRED SAWYER, NASS [2]

Trecentotrentaquattro anni fa, lo storico inglese Samuel Pepys trascorse una piacevole mattina di Giugno divertendosi con il suo doppio quadrante orizzontale.
Quando il suo amico Canonico Michael Honeywood lo andò a trovare, fu così affascinato dalla meridiana che Pepys si sentì obbligato a fargliene dono.

> Up betimes and studying my Double Horizontall diall against Deane Honiwood comes to me, who dotes mightily upon it and I think I must give it him.
> \- Samuel Pepys, June 3, 1663

Il quadrante solare orizzontale doppio non è ben conosciuto al giorno d'oggi. ma era uno strumento altamente apprezzato nel XVII secolo.

Lo strumento in sé era una combinazione di due quadranti: il quadrante orizzontale tradizionale con lo gnomone parallelo all'asse celeste, ed un quadrante azimutale con stilo verticale ed una rete di linee orarie e datarie basate su una proiezione stereografica del cielo sul piano orizzontale.
Benché la proiezione stereografica fosse stata usata per i quadranti sino almeno dal 16° secolo, la sua introduzione in Inghilterra avvenne con il progetto da parte di William Oughtred - agli inizi del 17° secolo - di uno strumento portatile per leggere l'ora e l'azimuth dall'altezza del sole.

Oughtred condivise questa invenzione con un certo numero di persone nelle prime decadi del secolo, persone quali Edmund Gunter, che ne pubblicò una descrizione nel 1624, e Elias Allen, che era interessato alla fabbricazione dei quadranti.
Allen ricevette istruzioni scritte, ed Oughtred protestò asserendo che Richard Delamain aveva visto i suoi scritti, e aveva realizzato un quadrante spacciandolo per proprio.
Oughtred, adirato, affrontò Delamain, che negò di avere mai visto queste istruzioni. Dovette però ammettere di avere letto del quadrante su una pubblicazione di Gunter, che a propria volta ne aveva saputo da Oughtred. La disputa si compose, al punto che Oughtred accettò di correggere le bozze della pubblicazione di Delamain che descriveva lo strumento.

Un nuovo dibattito sorse, in termini assai aspri e pubblici, dopo che uno degli studenti di Oughtred suggerì in una pubblicazione che qualcuno (Delamain) aveva frettolosamente pubblicato la notizia con la descrizione dello strumento orizzontale e del cursore scorrevole circolare solo per fare propria la priorità della scoperta, che era invece dovuta ad Oughtred.
Accuse e difese furono date alle stampe agli inizi degli anni '30 del XVII secolo, ed il quadrante evidentemente fu un buon affare.
(per una dissertazione su questo litigio, si veda A. J. Turner, "William Oughtred, Richard Delamain e lo strumento orizzontale nell'Inghilterra del diciassettesimo secolo", Annali dell'Istituto e Museo della Scienza di Firenze 6(29): 99-125, Firenze 1991.

Il quadrante di Oughtred, in entrambe le sue due forme, la più antica singola, e quella doppia, fu realizzato da Elias Allen, il miglior costruttore di strumenti inglese del tempo. Come Turner ha suggerito questo tipo di quadrante può essere considerato come un identificatore [nel senso che non lascia dubbi sulla paternità] per Allen e per generazioni di suoi allievi. Sembra essere stato prodotto solo dai migliori costruttori.

Data la notorietà della battaglia sulla priorità dell'invenzione, la grande qualità dei costruttori di questo tipo di strumenti, la facilità con cui problemi complessi potevano essere risolti anche da non specialisti grazie a tali strumenti, senza calcoli, ed il fatto che la doppia combinazione orizzontale fornisce un quadrante orizzontale che si orienta da solo e che determina la propria linea meridiana, si trattava di un orologio solare sul quale ben valeva la pena disputare.

Per disegnare il quadrante, cominciare con gli assi coordinati x, y aumentando verso Est e Nord, rispettivamente. Tracciare un cerchio con centro nell'origine e raggio unitario.

Se identifichiamo un punto sulla sfera celeste con le coordinate a, z corrispondenti all'altitudine ed all'azimuth del punto, allora la proiezione stereografica mappa il punto a, z in x, y sul piano orizzontale, in cui:

$$x = \sin z \cos a / (1 + \sin a)$$
$$y = \cos z \cos a / (1 + \sin a)$$

Le linee di uguale azimuth sono linee rette passanti per il centro del cerchio; l'angolo che la linea dell'azimuth fa con il meridiano NS è z. Per cui, questa proiezione preserva l'azimuth.

SEGUE L'ARTICOLO ORIGINALE DI FRED SAWYER
(per gentile concessione dell'autore)

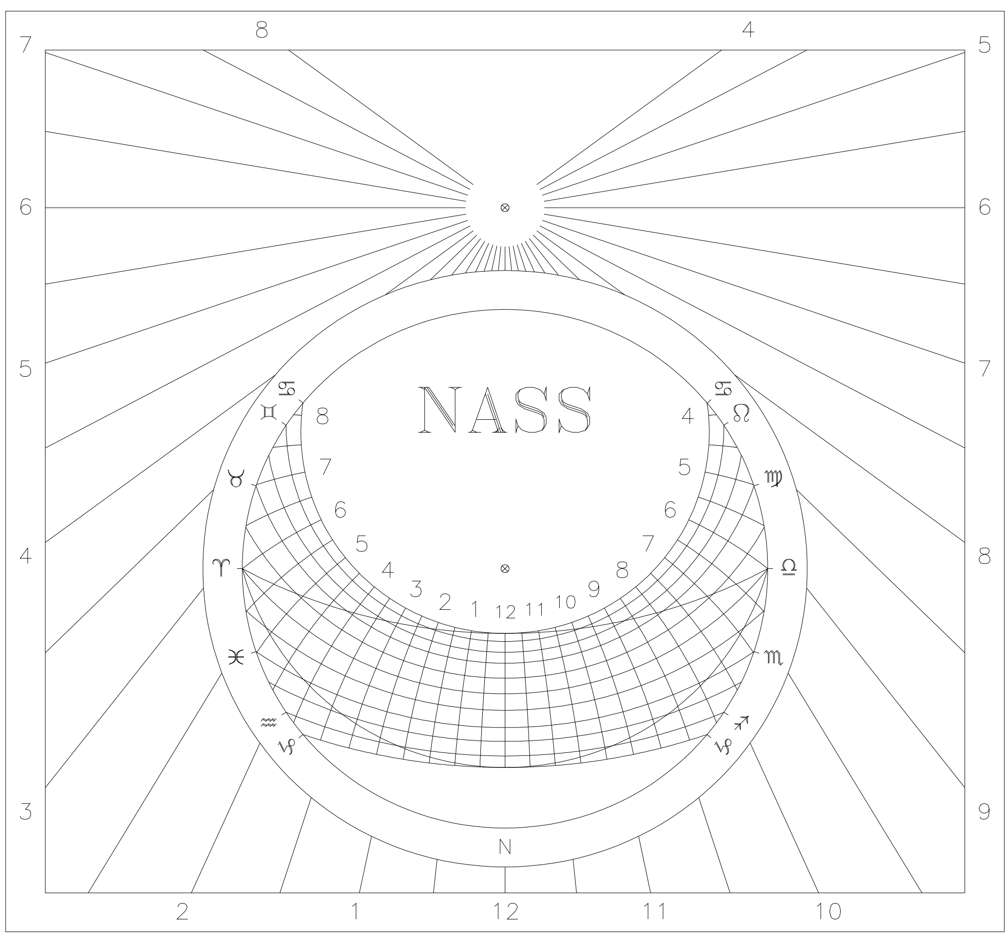
[2] Ringrazio la Dott.ssa Ing. Marisa Addomine di Milano per aver curato la traduzione italiana della prima parte di questo articolo di Fred Sawyer che si riporta integrale qui di seguito.

Volume 4 • Number 1   March 1997   ISSN 1074-3197

The Compendium*

Journal of the
North American Sundial Society

Up betimes and studying my Double Horizontall diall against Deane Honiwood comes to me, who dotes mightily upon it and I think I must give it him.   *- Samuel Pepys, June 3, 1663*



* ***Compendium...*** *" giving the sense and substance of the topic within small compass." In dialing, a compendium is a single instrument incorporating a variety of dial types and ancillary tools.*

NASS Officers

Editor & President: Frederick W. Sawyer III
8 Sachem Drive, Glastonbury, CT 06033-2726
fred_sawyer@compuserve.com (860) 633-8655 home (860) 403-5295 fax

Vice President: George L. McDowell
24 Indian Lane, One West, Baltimore, MD 21210-2136
104076.1373@compuserve.com (410) 435-8306 home (410) 528-1282 work

Secretary: Sara Schechner Genuth
1142 Loxford Terrace, Silver Spring, MD 20901
sschech@deans.umd.edu

Treasurer: Harold Brandmaier
63 Florence Road, Harrington Park, NJ 07640
75762.3207@compuserve.com

Member-at-Large: David Shayt
214 Cedar Avenue, Gaithersburg, MD 20877
shayt@nmah.si.edu (202) 357-1853 fax

Contents

William Oughtred's Double Horizontal Dial

Fred Sawyer (Glastonbury CT)

Some three hundred thirty-four years ago, the English diarist Samuel Pepys spent a pleasant June morning enjoying his double horizontal sundial. When his friend Dean Michael Honeywood visited, he was so taken with the dial that Pepys felt compelled to present it to him.

> Up betimes and studying my Double Horizontall diall against Deane Honiwood comes to me, who dotes mightily upon it and I think I must give it him.
>
> \- Samuel Pepys, June 3, 1663

The double horizontal sundial is not well known today, but it was an instrument to be prized in the seventeenth century.

The instrument itself was a combination of two dials: the traditional horizontal dial with its gnomon parallel to the celestial axis; and an azimuthal dial with vertical stile and a network of hour and date lines based on a stereographic projection of the sky onto the horizontal plane. Although the stereographic projection had been used in dialing since at least the early 16th century, its introduction into England came with William Oughtred's design early in the 17th century of a portable instrument to read the time and azimuth from the sun's altitude.

Oughtred shared his design with a number of people in the early decades of the century - people who included Edmund Gunter, who published a description in 1624, and Elias Allen, who was interested in making the dials. Allen was provided with written instructions, and Oughtred claimed that Richard Delamain saw his writing and had a dial made as if it were his own design. An irate Oughtred confronted Delamain, who denied seeing any such instructions. But he did acknowledge reading of the dial in a publication by Gunter, who had learned of it from Oughtred. The disagreement seems to have dissipated, since Oughtred agreed to review page proofs for Delamain's publication describing the horizontal instrument.

However, the debate returned, becoming very bitter and public, after one of Oughtred's students suggested in print that someone (Delamain) had rushed into print with descriptions of the horizontal instrument and the circular slide rule only to claim priority for himself when in fact they had been invented by William Oughtred. Several accusations and denials appeared in print during the early 1630's, and the dial evidently sold rather well. (For a discussion of this battle, see A.J. Turner's "William Oughtred, Richard Delamain and the horizontal instrument in seventeenth century England", *Annali dell'Instituto e museo di storia della scienza di Firenze* 6(2):99-125. Florence, 1981)

Oughtred's dial, in both its early single and later double horizontal forms, was made by Elias Allen, the premier English instrument-maker of his day. As A.J. Turner has suggested (*p.118ff*), this type of dial may perhaps be viewed as an identifier for Allen and generations of his students; it seems to have been an instrument produced only by the best craftsmen.

Given the notoriety of the priority battle, the superior craftsmanship of those instrument-makers who offered this instrument, the ease with which many of the astronomical problems of interest to the layperson were solved without calculation, and the fact that the double horizontal combination results in a self-orienting dial which determines its own meridian line - this was a dial well worth doting upon.

To draw the dial, begin with coordinate axes x,y increasing to the east and north, respectively. Draw a circle with center on the origin and with unit radius.

If we identify a point on the celestial sphere by the coordinates a, z corresponding to the point's altitude and azimuth, respectively, then the stereographic projection maps the point a,z to x,y on the horizontal plane, where

$$x = \sin z \cos a / (1+ \sin a)$$
$$y = \cos z \cos a / (1 + \sin a)$$

Lines of equal azimuth are straight lines through the center of the circle; the angle the azimuth line makes with the meridian NS is z. So this projection preserves azimuth.

Lines of equal altitude are concentric circles about the origin. The circle corresponding to altitude a has radius cos a / (1 + sin a). This expression defines a scale of distance from the origin; the scale is often reproduced on an alidade attached to the center of the dial and allowed to rotate. In this way, it is possible to find a point corresponding to a given altitude without having the clutter of many additional circles actually being drawn in.

Note that, if the denominator in these equations were sin a instead of (1 + sin a), then the layout would simply be the usual gnomonic projection, with the tip of the vertical stile (with unit height) casting its shadow at exactly the projection point for the current altitude and azimuth. By introducing the new denominator, we lose this feature, but gain the advantage that the entire range of altitudes is included within the horizon circle - the point corresponding to the sun at rising or setting is no longer infinitely far away from the projection's center.

It is now a relatively easy matter to pinpoint at any time the exact point on the projection that corresponds to the sun's current position - assuming we know its altitude. If we place a vertical stile at the origin, its shadow will fall along the line x/y = tan z and will therefore pass through the desired point. To pick out the exact point on this shadow line, we can use the alidade, which rotates in the plane about the origin. The alidade has an altitude scale allowing the user to find the correct distance from the origin. Move the alidade so that the stile's shadow falls along its measuring edge and note the point on the scale corresponding to the sun's altitude. This point is the projection of the sun's current position.

Drawing The Declination Arcs

Identify the points a and c on the circumference of the circle, as in Figure 1, such that the arcs are as follows, with angles measured from the center of the circle and clockwise from N:

Na = 90º + Dec - Lat   Nc = 270º - Dec - Lat

Draw lines connecting the point W with each of a and c; these lines meet the (extended) meridian line in points b and d, respectively.

The two points b and d determine a diameter of the circle representing the declination Dec. The center e of the circle is on the meridian line, midway between b and d. A drawing compass can now produce the circle - with center at e and with radius equal to the length from b or d to e.

The circle determined in this manner will either lie wholly outside the horizon circle NESW, wholly inside, or there will be an overlap. If the declination circle lies outside NESW, then the sun is never above the horizon on a day with declination Dec. If the circle is totally contained within NESW, then the sun is above the horizon for 24 hours on the given day. Of course, these two circumstances will occur only at latitudes within the arctic circles.

For all other latitudes, each declination circle will overlap with NESW; the intersections f and g of the circles represent the locations of the sun on the horizon at times of rising and setting.

Note that only those arcs of the declination circles contained within NESW need to be drawn; arcs that fall outside, therefore corresponding to a sun that is below the horizon, are extraneous to the instrument's use as a sundial.

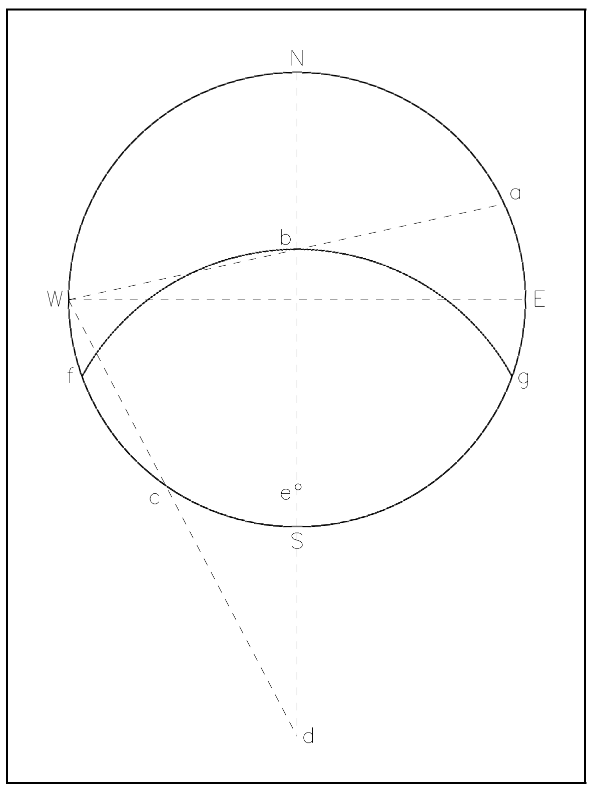


Figure 1.
Calculating The Declination Arcs

For the dialist interested in reproducing the placement of the declination arc by calculations suited to a computer drawing, the following equations will be useful:

Ang1 = (Lat - Dec) / 2   Ang2 = (Lat + Dec) / 2
Center: x = 0   y = (tan Ang1 - cot Ang2) / 2

Radius: abs(tan Ang1 + cot Ang2) / 2

Consider the value M = - tan Lat tan Dec. If M>1 or M<-1 then the sun is never on the horizon for the given day. In either of these cases, if Lat and Dec have the same sign, then the sun is above the horizon all day; otherwise, the sun is hidden in a long arctic night.

For those declinations which yield a sunrise and set, and therefore two points of intersection with the circle NESW, the coordinates of those points can be identified as follows:

R = cos (Lat + Dec) cos (Lat - Dec)
x = ± (R** 0.5) / cos Lat
y = - sin Dec / cos Lat

Drawing The Ecliptic Arcs

The ecliptic is represented on this projection by two arcs, one for positive declinations and the other for negative. Each of these arcs is drawn using the same graphical procedure as above for the declination arcs, except for the placement of the points a and c. The defining arcs for the placement of these points are:

For Positive Dec.	For Negative Dec.
Na = 113.45º - Lat	Na = 66.55º - Lat
Nc = 293.45º - Lat	Nc = 246.55º - Lat

Note that the intersections of both arcs with the horizon circle are the points W and E.

Calculating The Ecliptic Arcs

To place these arcs using calculations, the following equations suffice.

For the first arc:

Center: x = 0   y = -1 / tan (Lat - 23.45º)
Radius: abs(1 / sin (Lat - 23.45º))

For the second arc:
Center: x = 0   y = -1 / tan (Lat + 23.45º)
Radius: abs(1 / sin (Lat + 23.45º))

Both arcs intersect the horizon circle at the points W (-1, 0) and E (1, 0).

Drawing The Hour Arcs

Identify the points a and c on the circumference of the circle, as in Figure 2, such that the arcs are as follows, with angles measured from the center of the circle and clockwise from N:

Na = 90º - 2 x Lat   Nc = 180º - Lat

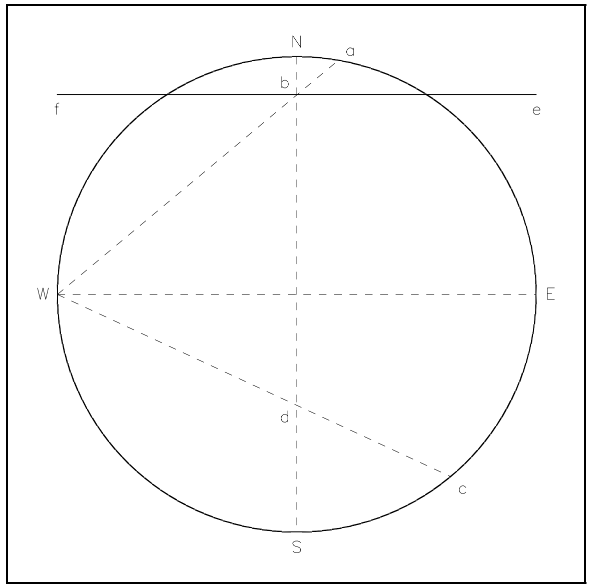


Figure 2.

Draw lines connecting the point W with each of a and c; these lines meet the meridian line in points b and d, respectively.

Draw the line fbe perpendicular to the meridian and passing through the point b. The hour arcs are portions of circles whose centers lie on this line. The point d represents the pole, and each hour arc passes through d.

Our task now is to determine exactly where on the line fbe the center of the circle is to be found. Draw a line de, as in Figure 3, so that the angle bde that the line makes with the meridian is equal to T+90º for morning hours (i.e. T<0º), and T-90º for afternoon hours (i.e. T>0º). In determining T, each hour before or after noon corresponds to 15º. In laying out bde, a positive angle is measured clockwise from N or S, and a negative is measured

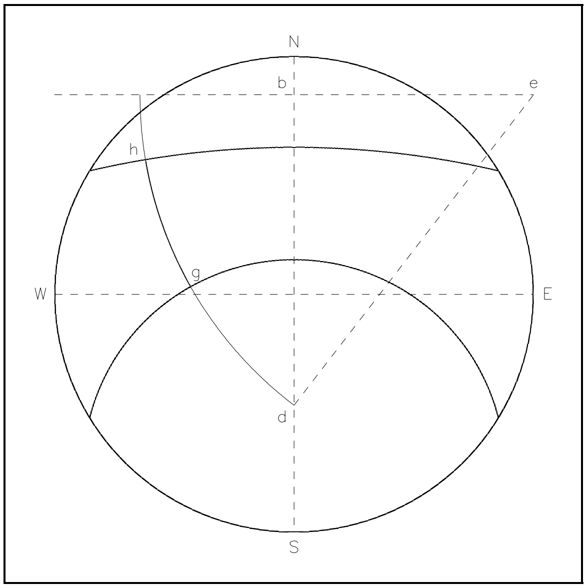


Figure 3.

counterclockwise. The hour arc for noon is the straight line bd, bound by its intersection with the solstice arcs.The line de intersects the line fbe in point e, the center of the hour circle. The radius of the circle is simply the length de.

A drawing compass can now produce the hour arc - with center at e and with a radius equal to de. The portion of the circle to be drawn is only that arc between g and h, the intersections with the horizon circle or the declination arcs for the solstices.

Calculating The Hour Arcs

These arcs may be reproduced by calculation, using the following equations:

Center: x = -1 / (cos Lat tan T) y = tan Lat
Radius: abs(1 / (cos Lat sin T))

Let D = 23.45º for North (positive) latitudes and -23.45º for South (negative) latitudes; let M be the hour angle such that cos M = - tan Lat tan D; and let N be the angle such that tan N = -cos T / tan Lat.

Then, the values of T for which arcs actually appear within the bounds of the horizon circle are those such that -M <= T <= M.

The declination/hour-angle coordinates of one of the end points of the hour arc are (D,T). The second end point of the arc has coordinates (N,T) if -23.45º < N < 23.45º; otherwise, the second end point is (-D, T).

Finally, given the coordinates of these points expressed in terms of declination and hour-angle, we can convert to the (x,y) coordinate system using the following conversions, first to altitude a and azimuth z, and then to x and y:

sin a = sin Lat sin Dec + cos Lat cos Dec cos T
tan z = sin T / (cos T sin Lat - cos Lat tan Dec)
sin z = cos Dec sin T / cos a

x = sin z cos a / (1+ sin a)
y = cos z cos a / (1 + sin a)

Or, more directly:

$$x=\frac{\cos Dec \sin T}{1+\sin Lat \sin Dec+\cos Lat \cos Dec \cos T}$$

$$y=\frac{\cos Dec \sin Lat \cos T-\cos Lat \sin Dec}{1+\sin Lat \sin Dec+\cos Lat \cos Dec \cos T}$$

Using The Dial

In its original form, the single version of this dial (consisting only of the stereographic projection, omitting the traditional horizontal dial) is held suspended in the vertical plane with its perpendicular stile projecting horizontally. By pointing this arrangement towards the sun, the user can read the sun's altitude by noting where the stile's shadow falls on a simple scale marking degrees around the circumference of the instrument. (We have not reproduced these markings here because they play no essential role in the double horizontal.) Now turn the altitude alidade attached to the center of the dial until the appropriate altitude mark falls on the current day line, being sure to select morning or afternoon as appropriate. If the altitude scale is given separately and does not appear on an alidade, a drawing compass can be used: set the compass open to a distance equal to that between the current altitude mark and 90 degrees; then place one leg on the center of the dial and draw an arc with the other until it intersects the current day line. The resulting point of intersection gives a reading of the time. If the dial is placed horizontally and turned until the stile's shadow passes through this point, then the noon line of the dial determines the meridian of the location.

In the double horizontal form that is our primary interest here, the dial does not need to be held up for a reading of the solar altitude. Instead, the user can simply place it on a horizontal surface and turn it until the time reading, given by the intersection of the stile's shadow and the current day curve, agrees with the reading given on the traditional dial (with gnomon parallel to the celestial axis) incorporated into the instrument. When the two times agree and they are in the appropriate half of the day (i.e. morning or afternoon), then the instrument is properly aligned, is reading the correct solar time, and has its noon line on the meridian.

The stereographic portion of the instrument also allows us to solve a number of other interesting problems. For example, to determine the time of sunrise today, simply follow the current day curve until it intersects with the horizon circle on the morning half of the dial. The time listed at this point is the time of sunrise. A number of other problems relating to time, altitude, azimuth and declination are solvable; for inspiration, the reader is referred to the instruction manual William Oughtred himself wrote for using the instrument. This manual is reproduced in this issue of The Compendium.