

GIULIANO ROMANO

LA STORIA DELLA MISURA DEL TEMPO *

La misura del tempo nella preistoria

Fin dalla più remota antichità l'uomo ha sentito la necessità di individuare, in qualche modo, certi particolari momenti dell'anno che hanno avuto sempre una grande importanza per le sue varie attività, come, per esempio, la caccia, la raccolta e più tardi l'agricoltura.

Le prime tracce del conteggio del tempo risalgono al Paleolitico Superiore, oltre una decina di migliaia d'anni fa, quando i cacciatori della fine dell'Era Glaciale incidevano, su certe ossa, particolari tacche che si susseguivano in serie di 28 o di 30; in un numero cioè che si commisura con i giorni del mese lunare. Forse queste sequenze di incisioni, talvolta ricalcate in diverse riprese sulle stesse tracce, indicavano il trascorrere del tempo, oppure segnavano le durate dei periodi di attesa per certi particolari eventi, come per esempio il passaggio delle mandrie di animali, oppure il tempo che mancava per nascita dell'erede.

Fig. 1

Quando, molto più tardi, l'umanità ha incominciato a liberarsi dalla schiavitù della raccolta del cibo operando sulla natura con l'agricoltura, allora l'attenzione a quei fenomeni astronomici che indicano con precisione le principali date dell'anno, è divenuta molto importante e in certi casi addirittura essenziale per la vita delle varie comunità che allora andavano organizzandosi. Sono sorti in quel tempo i primi villaggi, nei quali, tra l'altro, venivano organizzati anche i mercati, cioè quei luoghi che sono stati molto importanti non solo per lo scambio delle varie mercanzie, ma soprattutto per la diffusione di idee nuove nel campo religioso, in quello tecnologico, e in quello sociale.

In certe zone sono sorti allora, in particolari punti del territorio, ove la posizione era favorevole per l'osservazione dei fenomeni astronomici, certi luoghi appositamente attrezzati ove alcune persone, che

* Conferenza tenuta l'8 maggio 1994 in Palazzo Leoni Montanari (Banco Ambrosiano Veneto) di Vicenza.

Giuliano Romano è docente di Storia dell'Astronomia all'Università di Padova.

Fig. 2

erano interessate ed attente alle varie fenomenologie naturali, potevano osservare ogni mattina, oppure al tramonto, i punti dell'orizzonte ove appariva il primo o l'ultimo raggio della luce del Sole. Erano i primi osservatori solari, dei quali rimane ancora oggi la traccia non solo in certi monumenti, ma anche nelle prime opere letterarie del mondo occidentale. Nell'*Odisea*, per esempio, si accenna ad uno di questi che si trovava nell'isola di Syros (XV 403).

Il movimento del Sole durante l'anno

Una facile osservazione, che possiamo fare anche oggi guardando l'orizzonte dalle nostre finestre, mostra che l'astro del giorno non leva sempre nella stessa direzione. Ogni giorno lentamente il punto ove appare la prima luce si sposta in un senso o nell'altro a seconda della stagione.

Una persona attenta può facilmente notare, per esempio, che se le osservazioni iniziano nel giorno dell'equinozio di primavera (il 21 marzo), quando il numero delle ore di luce è eguale a quello delle ore di buio (da cui deriva il termine «equinozio»), il Sole al mattino leva esattamente nella direzione cardinale est, purché si possa osservare il fenomeno su un orizzonte piano. Il giorno dopo invece il punto di levata si sposta un po' più verso nord, e questo progressivo movimento si ripete anche nelle date successive. Lo spostamento dapprima è abbastanza veloce, ma poi, col passare del tempo, rallenta progressivamente, sempre però progredendo verso settentrione. A causa di questo fenomeno, l'arco che il Sole descrive in cielo durante la giornata si fa sempre più lungo, il numero delle ore di luce aumenta sempre di più e la buona stagione piano piano si avvicina poiché assieme alla luce inviata dall'astro aumenta anche il calore che si riversa sulla Terra. È il momento in cui inizia l'estate quando il punto di levata del Sole sull'orizzonte sembra fermarsi per alcuni giorni in una posizione che si trova tra il nord e l'est (una posizione che varia con la latitudine del luogo).

Il Sole sorge in quel giorno in un punto che è posto più a nord di tutti gli altri, e l'astro, che sembra rimanere fermo per alcuni giorni in questa posizione, in realtà sta per invertire il suo lento movimento. Gli antichi osservatori hanno battezzato questo giorno col nome di «solstizio» (il 21 giugno); e poiché le ore di luce e di calore sono più numerose in queste epoche, alla data è stato attribuito il nome più completo di «solstizio estivo» (da *aestus*, cioè calore).

Inizia così l'estate, cioè la stagione più favorevole, e più gradita all'uomo.

Passata la data importante del solstizio, di giorno in giorno il punto di levata del Sole ritorna ora verso est con un movimento dapprima molto lento ma che diventa poi, col passare dei giorni, sempre più veloce, finché in settembre, il 23, lo spostamento progredisce con la massima velocità giornaliera quando il punto di levata ripassa ancora per il punto cardinale est all'inizio dell'autunno.

Oltre questa data il punto di levata del Sole si sposta ancora verso sud mentre l'arco che l'astro descrive nel cielo si fa sempre più corto, tanto che nel suo cammino giornaliero il Sole sembra abbassarsi lentamente sull'orizzonte. Le giornate incominciano ad accorciarsi, vi è meno luce, meno calore e diminuisce quindi anche la temperatura. Si profila la cattiva stagione. Via via che il tempo passa, il punto di levata continua a progredire verso sud con un movimento sempre più lento finché il 21 di dicembre l'astro sembra fermarsi, quando raggiunge la sua minima distanza dal punto cardinale sud. È il solstizio d'inverno, cioè il momento in cui inizia la stagione più avversa: gli alberi si spogliano, il freddo avanza, giungono le prime nevi, le notti si allungano e aumentano le paure ancestrali. La madre Terra, sempre così generosa, sembra ripiegarsi su se stessa aspettando la morte. Il Sole perde la sua forza.

Potrà forse ritornare ancora la buona stagione? La madre Terra potrà risorgere? Il Sole ritornerà a dare il suo calore che è essenziale per la vita? Questi erano gli interrogativi angoscianti che gli agricoltori del Neolitico e delle epoche antiche si ponevano con trepidazione.

La paura e il vivo istinto di sopravvivenza hanno quindi suggerito una serie di riti particolari che dovevano, come in una magia imitativa, dare forza all'astro affinché potesse far rinascere il mondo. Il ricordo degli altri anni, in cui dopo questo periodo oscuro tutto risorgeva in primavera quando la Madre Terra veniva fecondata dalle piogge che cadevano dal cielo e dal calore del Sole, riaffermava nella mente degli antichi agricoltori l'idea dell'eterno ritorno, dei cicli cioè che ripetono annualmente la morte e la resurrezione della natura, del Sole, la nascita del mondo, come rinnovo del mito della creazione (*Mircea Eliade, Il mito dell'eterno ritorno*).

La data del solstizio invernale per tutte queste ragioni ha sempre rappresentato un momento molto preoccupante e nello stesso tempo solenne per tutti i popoli. Persino nelle lontane Americhe, che mai hanno avuto, prima di Colombo, contatti significativi con la nostra cultura, questo particolare momento veniva celebrato con una festività di grandissima importanza. Gli Inca festeggiavano allora la ricorrenza dell'Inti Raimi, una festa dedicata al Sole, cioè al padre dello stesso inca e anche di tutti i popoli che vivevano sulle alte Ande.

Ma senza andare così lontano, basta ricordare che in quest'epoca

dell'anno cadevano certe importanti feste dei Romani: i Saturnali, per esempio, e poi, nella tarda romanità, il «dies natalis sol invictus» dei culti mitralici. Ma ciò che a noi è più cara è la celebrazione più importante della cristianità, cioè il Natale, la cui data è stata fatta cadere proprio al solstizio invernale, che nel calendario giuliano coincideva con il 25 di dicembre.

L'importanza del solstizio invernale nelle antiche tradizioni è testimoniata dall'alto numero di monumenti preistorici che contengono allineamenti sulla levata del Sole in questa data. Era essenziale allora poter stabilire con esattezza questo particolare momento, e l'unico mezzo allora disponibile era l'osservazione del Sole al mattino.

Dopo il solstizio invernale, il punto di levata dell'astro del giorno ritorna indietro, si sposta verso est, ripercorrendo, di giorno in giorno, il cammino precedente, ma a rovescio. Le giornate quindi si allungano, e giunge finalmente la primavera quando, all'equinozio, il Sole ripassa al mattino sul punto cardinale est, riprendendo in questo modo il suo cammino ciclico che scandisce il procedere dell'anno tropico, cioè quello delle stagioni.

Una persona attenta a queste cose, come lo erano gli antichi agricoltori che vivevano a stretto contatto con la natura, ha potuto subito accorgersi facilmente che era possibile utilizzare la posizione del Sole al mattino per indicare con una certa precisione le varie date importanti dell'anno. Fissando con qualche particolare segnacolo (un palo, una pietra fitta o altro) il luogo di osservazione, magari stando in una posizione sopraelevata, v'è la possibilità, ponendo altre mire più lontane (pali, pietre, etc.), di osservare con precisione la levata del Sole fissando così un vero e proprio calendario che poteva diventare prezioso sia per l'attività agricola che soprattutto per i riti, così importanti per la vita della comunità.

Questo posto particolare spesso si è trasformato poi in un luogo sacro, magari dedicato alla divinità solare; in un luogo ove la gente si raccoglieva per celebrare i riti e fare i sacrifici.

Fig. 3

Stonehenge, in Inghilterra, è il più noto tra questi luoghi, ma molti altri ne esistono in tutte le regioni della Terra. L'antico Megalitismo ci ha lasciato un numero di testimonianze imponenti a questo proposito. Ci sono però anche molti altri monumenti, magari più modesti, che ancora ci ricordano queste antiche usanze, questa antica necessità di contare il tempo, di fissare certe date, di precisare i momenti più sacri e importanti nella vita della gente.

Anche in Italia v'è una quantità di costruzioni preistoriche o protostoriche sulle quali è possibile trovare ancora segni di queste antiche osservazioni solari. Vorrei ricordare qui appresso alcuni tra i più significativi monumenti che sono allineati coi punti dell'orizzonte ove non

solo levava il Sole nelle date più significative dell'anno, ma anche la Luna in particolari momenti del suo ciclo di 18.6 anni che caratterizza il cosiddetto periodo di retrogradazione dei nodi. Un fenomeno, che notato dagli antichi per i suoi effetti talvolta spettacolari sul moto della Luna, aveva impressionato notevolmente l'animo di questi attenti osservatori.

Ad Aosta, nel quartiere di Saint Martin de Corleans, l'archeologo Franco Mezzena, oltre una ventina di anni fa, ha iniziato i lavori di scavo di una imponente area megalitica che risale al III millennio a.C. In questa occasione sono stati posti in luce alcuni dolmen, diverse stele, molte tombe e un gran numero di buche di pali nonché altre testimonianze di grandissimo interesse per lo studio dei culti ctonici che si svolgevano in quel lontano passato in questa zona. Una semplice occhiata alla mappa dell'area mostra che tutti i reperti sono allineati verso certe direzioni le quali indubbiamente dovevano avere un particolare significato. Quando è stata iniziata dal sottoscritto una campagna di accurate misure di orientamenti astronomici, è emerso, con grande sorpresa, il fatto che pressoché tutte le strutture sono allineate sui punti dell'orizzonte montagnoso sui quali si vedeva levare o tramontare il Sole ai solstizi e il sorgere della Luna quando raggiungeva, ogni 18.6 anni, la sua massima declinazione, generando un fenomeno di grande importanza per gli antichi. In una certa notte infatti essa giungeva in quelle date, durante il suo cammino notturno, fin quasi allo zenith, mentre quindici giorni dopo invece si muoveva così bassa sull'orizzonte da sfiorare per una ventina di gradi il profilo della montagna che è posta a sud. Il punto ove in questa occasione l'astro tramontava dietro un ostacolo del monte è indicato da un numero veramente stupefacente di allineamenti di una quantità di monumenti. Il fenomeno certamente ha colpito l'immaginazione delle antiche genti valdostane come aveva impressionato molte altre popolazioni che vivevano nel Periodo Megalitico nel nord dell'Europa.

Ma vogliamo ricordare ancora, nelle nostre zone venete, il grande terrapieno di Castello di Godego, il quale poteva servire magari come riparo ma, tra l'altro, poteva anche indicare le date fondamentali dell'anno tropico a mezzo dell'osservazione diretta delle levate del Sole ai solstizi e agli equinozi. I suoi lunghi terrapieni, purtroppo ora assai deteriorati, sono diretti infatti sui punti delle levate e dei tramonti dell'astro del giorno ai solstizi, mentre la diagonale rozzamente è diretta sugli equinozi.

A Veronella (Verona), un antico terrapieno, che ha la forma di un ferro di cavallo, ha la direttrice, sulla quale probabilmente è stata tracciata l'immensa ovale, che è diretta sulla levata del Sole al solstizio

Fig. 4
Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7
Fig. 8

invernale, mentre in alcuni antichi rilievi artificiali posti sulle colline attorno a Montebelluna si possono trovare interessanti allineamenti diretti sulla levata e sul tramonto del Sole nella stessa data. Così anche nella zona di Vidor, e in molti luoghi del Montello. La nostra regione infatti è ricca di queste testimonianze, come d'altro canto lo sono anche altre zone d'Italia.

L'interesse vivo per i punti di levata del Sole in particolari date dell'anno è espresso anche nell'allineamento verso oriente degli assi di molte antiche chiese. Il criterio del «Sol Aequinoctialis», o dell'orientamento « ad sidera » è stato lungamente rispettato dall'Alto Medioevo fino a pochi secoli fa e rappresenta una testimonianza del legame che l'uomo ha sempre avuto con la natura, con il cielo in particolare, e con i suoi fenomeni.

Antichi strumenti per la misura del tempo

Fig. 9

Quando l'interesse per l'osservazione celeste giunse alle soglie della scienza, furono ideati e costruiti numerosi strumenti per osservare e misurare la posizione degli astri; tra questi alcuni furono utilizzati per fissare certe date dell'anno particolarmente importanti. Ricordiamo tra questi solamente «il cerchio di Ipparco», «l'armilla solstiziale» e il «plinto» di Tolomeo; tre strumenti molto semplici ma abbastanza utili per la determinazione degli equinozi e dei solstizi.

Il cerchio di Ipparco, probabilmente ideato assai prima dell'epoca in cui visse il grande astronomo di Nicea, è formato da un grande cerchio metallico che è fissato in modo da giacere sul piano dell'equatore celeste. Durante una giornata qualunque dell'anno, l'ombra del cerchio si proietta sul terreno da una parte o dall'altra del cerchio stesso. Solamente agli equinozi, quando il Sole si trova proprio sull'equatore celeste, l'ombra della parte del cerchio che è rivolta verso il Sole si proietta sulla parte inferiore del cerchio stesso. Allora una semplice osservazione del fenomeno consente di controllare la data dell'inizio della primavera.

L'armilla solstiziale invece è uno strumento un po' più complesso del precedente; esso veniva usato dagli astronomi per misurare ogni giorno, a mezzodì, l'altezza del Sole sull'orizzonte. Un cerchio metallico graduato, entro il quale ne scorreva un altro, era orientato esattamente sul piano del meridiano del luogo, cioè nella direzione nord-sud. Il cerchio più interno portava, diametralmente opposte, due «pinnule», vale a dire due asticcioline metalliche. Ogni giorno, verso mezzodì, si faceva ruotare il cerchio interno in modo che l'ombra della pinnula superiore cadesse esattamente sulla pinnula inferiore.

Un indice segnava allora, sul cerchio graduato esterno, l'altezza del Sole sull'orizzonte in quell'istante. Si poteva seguire in questo modo non solo il percorso dell'astro sulla sfera celeste, ma si potevano anche individuare i giorni nei quali il Sole raggiungeva a mezzodì la sua massima o la sua minima altezza sull'orizzonte, vale a dire i giorni dei solstizi.

Fig. 10

Il plinto, descritto dal grande astronomo Claudio Tolomeo (II secolo d.C.), era formato da una pietra piatta oppure da un muricciolo che era disposto esattamente sul piano del meridiano. Un piolo metallico era fissato al centro di un quarto di circonferenza graduata che era stata disegnata sulla faccia est della pietra. Al mattino, l'ombra del piolo si spostava e si allungava progressivamente man mano che il Sole si avvicinava al meridiano. Ad un certo momento, proprio a mezzodì, l'ombra diventava tanto lunga da formare una linea scura che indicava sul cerchio l'altezza raggiunta dal Sole in quel particolare momento. Così osservando pazientemente di giorno in giorno, si potevano individuare i giorni dei solstizi quando l'angolo indicato dall'ombra raggiungeva il suo massimo o il suo minimo valore.

Le divisioni del giorno e gli orologi solari

La divisione del giorno in varie parti è di origine molto antica. Già i Babilonesi e gli antichi Egiziani utilizzavano questo sistema per scopi scientifici (astronomici) o per scopi sociali. Naturalmente tutto questo interessava solamente le classi superiori, poiché il popolo minuto aveva un orologio del tutto naturale che serviva per le necessità più semplici: lo stomaco, i cui crampi indicavano il tempo dei pasti. I Babilonesi avevano diviso la giornata in 12 parti (12 «beru»), mentre gli Egiziani l'avevano divisa in 24 ore, 12 di buio e 12 di luce. Naturalmente la lunghezza di queste ore variava con la stagione.

Durante la notte, per scandire le diverse ore, venivano utilizzate, sia dai Babilonesi che dagli Egiziani, le clessidre, cioè quei recipienti pieni d'acqua che erano dotati di un piccolo foro posto sul loro fondo; l'acqua poteva così defluire molto lentamente, mentre il livello del liquido entro il vaso indicava il tempo trascorso.

Fig. 11

Gli Egiziani, il cui cielo è generalmente sereno durante quasi tutte le notti, utilizzavano anche un semplice strumento per fissare le varie ore: il «merket». L'apparato era formato da un'asta verticale ad una estremità della quale era stata scavata una fessura a coda di rondine che poteva servire da mirino. Di fronte a quest'asta, a qualche metro di distanza, era posto, generalmente sul meridiano, un filo a piombo debolmente illuminato. Nel cielo gli Egiziani avevano individuato una

Fig. 12 decina di stelle, i cosiddetti «decani», il cui passaggio di fronte al filo del traguardo consentiva di individuare le varie ore.

Di giorno per indicare il tempo, veniva utilizzato un particolare apparecchio che porta il nome di orologio solare o più semplicemente «meridiana». Una tra le più antiche, utilizzata dagli Egiziani, era formata da un attrezzo in legno che aveva due aste tra loro perpendicolari. Su quella di appoggio erano incise alcune divisioni che indicavano le varie ore quando l'ombra dell'altra parte dell'apparecchio passava su di esse. Al mattino l'asta orizzontale veniva rivolta verso est, e al pomeriggio verso ovest.

Fig. 13

Un orologio analogo, usato fin da tempi molto antichi, è la cosiddetta meridiana di Acaz, che porta il nome di un antico re di Giudea. Orientata nella direzione est-ovest, questa meridiana poteva indicare le varie ore del giorno dalla posizione che assumeva l'ombra di un particolare rilievo quando veniva proiettata su alcuni piccoli gradini fissati sulla parte est dell'apparecchio, nel caso delle ore mattutine, e sulla parte ovest invece per le ore pomeridiane.

Fig. 14

Più interessanti sono i primi orologi solari concepiti con criteri astronomici e tra questi importante è il «polos» o l'«hemisphaerium» del caldeo Beroso. L'apparecchio, di semplice ma geniale concezione, era formato da una semisfera scavata su una pietra. Al centro un indice appuntito, od una sferetta, indicava con la sua ombra il percorso del Sole sulla volta celeste che era riprodotta nella cavità. La parte nord della semisfera portava delle divisioni che indicavano le varie ore. Successivamente lo strumento si trasformò nel cosiddetto «hemicyclium», quando si comprese che la parte sud della cavità era inutile per lo scopo proposto; questo strumento fu poi trasformato nel cosiddetto «scafo», cioè un orologio del tutto simile al precedente e che fu largamente utilizzato dai Greci prima e dai Romani poi. Lo stilo, o lo gnomone, di questo strumento era disposto generalmente in modo da essere parallelo all'asse di rotazione della sfera celeste. L'«hemicyclium», pur con le varie trasformazioni che subì nei secoli, divenne l'orologio fondamentale dell'antichità. Diversi esempi di questi particolari strumenti si possono ammirare ancor oggi nel Veneto, per esempio, nei musei di Aquileia e di Altino.

Fig. 15

Fig. 16

Lo gnomone verticale fu uno degli strumenti che per primi vennero utilizzati per misurare il tempo. Molti obelischi egiziani servivano proprio per questo scopo. L'ombra di queste grandi costruzioni in pietra si spostava sul terreno durante la giornata e segnava su particolari linee le varie ore. I resti di una importante meridiana orizzontale di grandi dimensioni che utilizzava lo gnomone verticale si trovano a Roma, dove nella piazza di Montecitorio il grande obelisco che ancor oggi si può ammirare, non è altro che l'antico gnomone della cosiddet-

ta meridiana di Augusto, ora spostato dalla sua posizione originale.

Questa meridiana, che era posta nel Campo Marzio a Roma, fu progettata dal matematico «Facundus Novus» e inaugurata nel 9 a.C. Lo gnomone era costituito dall'obelisco che, eretto ad Eliopolis dal faraone Psammetico II nel VI secolo a.C., fu portato poi a Roma proprio per essere utilizzato sull'orologio solare. Sulla grande piazza del Campo Marzio sono state tracciate le varie rette orarie, le linee solstiziali e, la più importante di tutte, quella equinoziale, poiché sopra di essa l'ombra della punta dell'obelisco si spostava durante i giorni degli equinozi. Le cose sono state disposte in modo che proprio nell'equinozio di autunno (il 23 settembre), data di nascita di Augusto, l'ombra alla sera toccava l'*Ara Pacis*, per ricordare ai Romani la grande opera pacificatrice dell'imperatore.

Usata solo per poco tempo, la grande meridiana fu poi distrutta durante i secoli bui quando lo gnomone fu anche ridotto in altezza; il quadrante delle ore rimase allora sepolto per riapparire solo per alcuni anni nel XVI e nel XVII secolo.

Il gigantesco quadrante solare (che misurava circa 180×80 metri) fu riscoperto e studiato negli anni ottanta dall'archeologo tedesco Edmund Buchner il quale, con non poca fatica, è riuscito, scavando sotto i palazzi e le chiese, a ritrovare alcune delle linee orarie.

Ma a questo punto è opportuno chiederci: come funziona una meridiana?

Il concetto, come ora vedremo, non è molto difficile, mentre la realizzazione pratica richiede procedimenti geometrici o di calcolo un po' laboriosi.

Fig. 17

Il principio del funzionamento delle meridiane con quadrante piano

A causa della rotazione della Terra, il Sole si muove nel cielo descrivendo in un'ora un angolo di 15 gradi. Il cerchio descritto dal Sole sulla sfera celeste durante il giorno ha l'asse che è esattamente parallelo a quello della Terra e punta quindi sui poli celesti. Immaginiamo ora di costruire un disco metallico sul cui centro sia posta un'asta perpendicolare al suo piano; fissando questa sul terreno in modo da essere puntata sul polo celeste nord (alle nostre latitudini), il disco si troverà allora giacente esattamente sul piano dell'equatore celeste.

Fatto questo, si disegna il quadrante delle ore sulle due facce del disco nel seguente modo: dal centro si tracciano diversi raggi distanti tra loro 15° . Uno di questi tocca la periferia del disco proprio sul punto in cui esso poggia sul suolo. Le varie ore sono indicate da questi raggi. Quando l'ombra dell'asta di sostegno, quella che è puntata sul

polo celeste, passa, per esempio, sopra il raggio di cui s'è detto poc'anzi, l'istante di tempo corrisponde alle ore 12 del tempo solare. Quando invece tocca il raggio successivo (che si trova più ad ovest), sono le 13, e così via.

Fig. 18

Questo particolare tipo di orologio, detto equatoriale, segna le ore sulla pagina superiore del disco durante la primavera e l'estate, e sulla pagina inferiore durante l'autunno e l'inverno. Agli equinozi purtroppo le ore non si possono più leggere poiché, come s'è detto, il Sole giace allora esattamente sull'equatore, vale a dire proprio sul piano del disco.

Da questo semplice orologio derivano, utilizzando i metodi della geometria proiettiva, tutti gli altri orologi solari che sono dotati di un quadrante piano. Per tracciarli basterà infatti proiettare sulla superficie desiderata le varie linee orarie, con un fascio di piani che poggiano sull'asta (quella che è parallela all'asse polare).

Lo studio di queste proiezioni ha dato l'avvio ad uno tra i più importanti argomenti della geometria antica; il problema delle cosiddette «sezioni coniche»; problema che fu affrontato e risolto brillantemente del matematico greco Apollonio di Perge.

Un orologio solare orizzontale, d'epoca romana, si può ammirare nel giardino del museo di Aquileia.

Nella tarda romanità l'uso degli orologi solari, nelle ville e nei luoghi pubblici, era molto diffuso anche se i Romani non erano particolarmente versati in questioni di astronomia. Nei primi secoli della nostra era solo alcuni studiosi di grande valore come Vitruvio, Cicerone, Igino, Germanico e vari altri, conoscevano abbastanza bene le basi dell'astronomia che avevano appreso dai Greci. La gente, anche pur di una certa cultura, conosceva, dalle scuole, solamente i principali movimenti degli astri ed in particolare quelli della sfera celeste, sulla quale sapeva rintracciare anche le 42 costellazioni allora conosciute. È stato merito dell'opera del poeta Arato di Soli (III sec a.C.), autore del famoso poema *I fenomeni e i pronostici*, se queste nozioni sono state diffuse nel mondo antico. All'epoca di Augusto, e anche per qualche secolo dopo, erano molto conosciuti tra le persone colte i cosiddetti *Aratea*, vale a dire quelle opere che ricalcavano in varie forme l'antico poema di Arato.

Fig. 19

L'intermezzo arabo

Con il declino della potenza romana e le invasioni barbariche, l'astronomia e le altre scienze decadde sempre più nel mondo occidentale. La gente aveva altri problemi a cui pensare. Solamente nei monasteri vennero raccolte e gelosamente conservate le opere degli

scrittori antichi. La scienza della gnomonica, quella che studia la costruzione degli orologi solari, solo nei conventi veniva ancora praticata, però in forma molto elementare, poiché era importante indicare ai monaci, anche se approssimativamente, le varie ore in cui essi dovevano recitare le preghiere e iniziare o terminare i loro lavori. Furono utilizzate in quel tempo le cosiddette ore canoniche che erano indicate su orologi molto semplici e dei quali rimangono ancora oggi alcune tracce su molti antichi monumenti.

Gli Arabi, che ereditarono la sapienza greca e romana, oltre l'astronomia fecero rinascere anche la gnomonica soprattutto per poter costruire orologi solari di grande precisione allo scopo di indicare con la massima esattezza le ore delle preghiere. Tanto più il fedele si atteneva all'ora precisa delle sue devozioni, tanto maggiore era il merito che acquistava presso Allah.

Il Rinascimento

I perfezionamenti apportati dagli Arabi alle meridiane furono ulteriormente sviluppati dagli studiosi occidentali quando nel Rinascimento riscoprirono l'arte e la scienza della misura del tempo. Un numero notevole di scienziati si dedicarono nei vari anni (dal 1500 al 1800) al perfezionamento di questi apparati (Lorenzo della Volpaia, Paolo dal Pozzo Toscanelli, Egnazio Danti, Sebastian Muster, Oronce Fine, Cristoforo Clavio, Athanasius Kircher e moltissimi altri). La misura del tempo incominciava allora ad interessare i commercianti, i finanzieri e i politici i quali operavano in un orizzonte culturale che andava sviluppandosi in modo accelerato. Lo studio della misura del tempo diventava essenziale soprattutto per gli astronomi i quali in quell'epoca iniziavano ad operare nell'osservazione celeste con misure molto accurate e precise per cercar di scoprire le leggi fondamentali dell'universo.

Stupendi sono gli orologi solari di queste epoche, ricchi oltretutto di decorazioni e tecnicamente perfetti.

Non bastavano allora le varie sofisticate meridiane verticali; vennero costruiti anche gli orologi a riflessione nei quali la luce del Sole, che entrava in una sala particolare attraverso un foro ed uno specchio, indicava sul soffitto le varie ore grazie ad una serie di linee accuratamente tracciate.

Fondamentali per la scienza astronomica divennero in quel tempo le vere e proprie meridiane, vale a dire quelle linee, tracciate nella direzione nord-sud, che venivano utilizzate entro certe sale particolarmente attrezzate per l'osservazione astronomica. L'immagine del Sole generata da un foro (il foro gnomonico), quando veniva tagliata in due

Fig. 20

da questa linea, indicava l'istante del mezzogiorno solare. Questi strumenti, assai precisi, venivano utilizzati per tarare gli orologi meccanici i quali, nel Settecento e nell'Ottocento, non erano ancora giunti ad una precisione molto alta com'era necessario nei lavori astronomici. A Padova, nella sala Meridiana dell'Osservatorio Astronomico, è tuttora funzionante uno strumento di questo tipo che fu costruito dal primo direttore della Specola, padre Giuseppe Toaldo. Nella sala, che formava l'Osservatorio Inferiore, i vari orologi, utilizzati per le osservazioni, venivano tarati periodicamente col Sole a mezzo di questo importante strumento.

Gli orologi meccanici

L'utilizzo di apparecchiature meccaniche per la misura del tempo risale ad epoche molto lontane. Contrariamente a quanto generalmente si pensa, nell'antichità greca e in quella romana la meccanica era giunta ad un livello non proprio trascurabile. La costruzione di ingranaggi e di piccole macchine, piuttosto sofisticate, non era sconosciuta. Cicerone nel suo *De republica* (I 21) e nelle *Tusculanae* (I 63), per esempio, descrive una particolare sfera, costruita da Archimede e che era stata portata a Roma dal console Marcello; in questa, tra l'altro, un unico meccanismo di rotazione poteva far girare alcuni particolari corpi (pianeti?) su orbite diverse ed ineguali e a velocità tra loro molto differenti. In essa, a detta di Cicerone, si potevano persino riprodurre le eclissi di Sole. Probabilmente si trattava di un vero e proprio planetario *ante litteram*.

Fig. 21

Sfortunatamente nulla è rimasto di queste importanti macchine se si eccettua quello strano meccanismo in bronzo, formato da una serie di ingranaggi, che fu trovato nel 1900 su un relitto di una nave greca vicino all'isola di Antikythera. Databile attorno al primo secolo avanti Cristo, questo meccanismo pare sia un frammento di una complessa macchina che probabilmente doveva servire per evidenziare i vari cicli della Luna. In questo strano strumento v'è persino un piccolo differenziale.

D'altro canto, stando alle antiche descrizioni, la famosa clessidra, od orologio ad acqua, ideata da Ctesibio di Alessandria (circa nel 270 a.C.), doveva possedere dei meccanismi alquanto complicati, se consentiva lo spostamento di diverse lancette; e così pure doveva essere assai elaborato il meccanismo dell'orologio ad acqua che funzionava nella Torre dei Venti ad Atene nel primo secolo a.C..

La prima forza motrice utilizzata per il movimento delle macchine che misuravano il tempo fu la caduta dell'acqua; poi venne adoperata l'energia liberata della caduta di grossi pesi quando nacquero, verso la

fine del 1200, i primi orologi meccanici dotati di bilanceri a «verga e foliot». Il primo utilizzato in Italia fu quello della chiesa di San Eustrogio che ha funzionato a Milano nel 1309. Spesso questi orologi non avevano la mostra con le lancette; essi si limitavano a suonare solamente le ore per indicare, specialmente nei monasteri, i momenti delle preghiere.

Queste macchine primitive avevano una precisione alquanto scarsa: l'errore raggiungeva anche il quarto d'ora al giorno, e per poter mantenere una certa efficacia ogni orologio aveva generalmente il suo «governatore», cioè una persona che era incaricata di correggere periodicamente l'ora che la macchina segnava in base a quella indicata da una meridiana.

Solo con il progredire della meccanica e con l'invenzione prima del bilanciere a molla e poi con la applicazione del pendolo, la precisione di questi strumenti aumentò notevolmente; il progresso fu sollecitato inoltre dal motivo che tra il XVII e il XIX secolo le potenze marinare, nell'operare nei vasti e lontani oceani, si trovavano nella necessità di risolvere l'annoso problema della determinazione precisa della longitudine durante la navigazione.

Quando le grandi potenze incominciarono ad estendere i loro mercati e le loro imprese nelle lontane terre separate da grandi oceani, divenne necessario assicurare alle navi una navigazione sicura utilizzando metodi che consentivano di determinare con precisione la posizione del vascello in mare. Era questo un problema molto antico: la misura precisa della latitudine e della longitudine. Mentre la latitudine veniva misurata con strumenti anche non molto complicati, valutando l'altezza del polo celeste sull'orizzonte, la longitudine invece necessitava del trasporto del tempo da un punto all'altro della Terra; era cioè necessario avere nella nave un preciso orologio che potesse segnare il tempo di un particolare meridiano la cui posizione era astronomicamente ben nota (per esempio il meridiano di Greenwich). Per la soluzione del problema delle longitudini era necessario conoscere, in primo luogo, validi metodi astronomici (ci provò anche Galileo) e poi bisognava possedere cronometri di grande precisione. I lauti premi offerti dalle varie nazioni per risolvere il problema incentivarono sia la costruzione di orologi sempre più perfetti ed affidabili sia la ricerca di metodi astronomici sempre più sofisticati.

Si può dire che verso la fine del secolo scorso tutto questo fu portato a buona soluzione anche se la perfezione desiderata non era stata ancora raggiunta. Oggi questo problema non sussiste più; un piccolo apparecchio (il GPS), per esempio, grande poco più di una scatola di fiammiferi e alimentato a pile, pone l'osservatore a contatto con 24 satelliti che orbitano attorno alla Terra e, in brevissimo tempo, segna,

con la precisione del centesimo di secondo d'arco, la latitudine e la longitudine del luogo.

La misura del tempo specialmente in questo ultimo cinquantennio è giunta ad una precisione straordinaria. Orologi atomici che sfruttano l'oscillazione di un atomo di cesio possono raggiungere la precisione di pochi secondi in un milione di anni. Ormai si misurano intervalli di tempo veramente infinitesimi, tanto che, utilizzando questi precisi strumenti elettronici, è possibile porre in evidenza, e quindi misurare, le irregolarità del moto della Terra.

Sono queste le conquiste della tecnica dell'ultimo secolo. Ognuno di noi, per esempio, può portare al polso un orologio la cui precisione è pressoché assoluta poiché è regolato, via radio, da un orologio atomico, posto in un laboratorio molto lontano e altamente specializzato.

Ma se la misura del tempo ormai ha raggiunto limiti di precisione sbalorditivi, rimane tuttavia ancora vivo, toccante e sentito il fascino di quegli strani antichi dipinti che si vedono sui vecchi muri e sui quali ancora si può visualizzare il percorso del Sole, individuare l'inizio delle stagioni, le varie date importanti e l'evolversi nell'arco dell'anno della vita della nostra grande Madre Terra, alla quale, nonostante tutto, siamo sempre intimamente e amorevolmente legati.

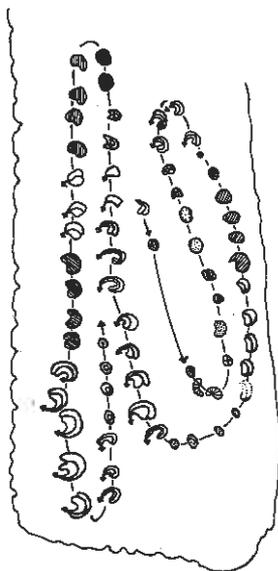


Fig. 1 Schema dell'osso inciso trovato a Les Eyzes de Tayac in Francia. Le incisioni rappresentano probabilmente le varie fasi lunari. Fu studiato da A. Marsack (*Notations dans les Gravures du Paléolithique Supérieur*, Bordeaux 1970).

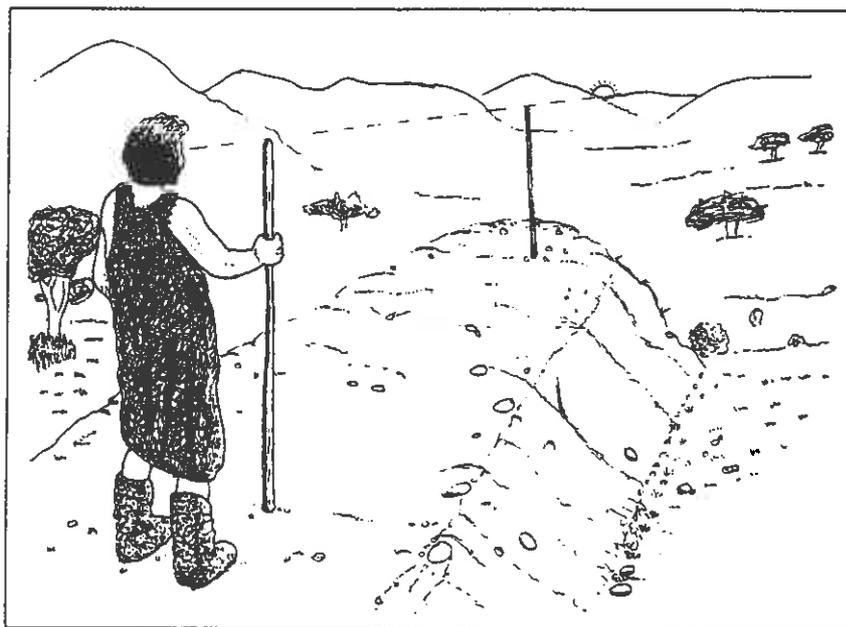


Fig. 2 Antiche osservazioni della levata del Sole.

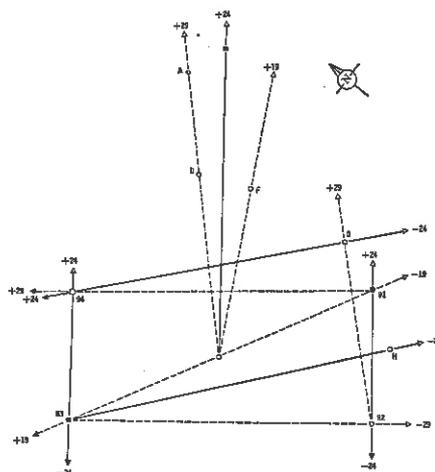


Fig. 3 Gli allineamenti astronomici indicati dalle quattro sezioni (le quattro buche 91-92-93-94) nel monumento di Stonehenge. I numeri indicano le declinazioni degli astri che levano o tramontano in quelle direzioni: +24 indica il solstizio estivo, -24 indica il solstizio invernale; -19 indica la Luna alla sua minima declinazione; +29 la Luna alla sua massima declinazione (da G. Hawkins, *Stonehenge Decoded*, New York 1965).



Fig. 4 Un dolmen nell'area megalitica di Saint Martin de Corleans in Aosta (cortesia F. Mezzena).

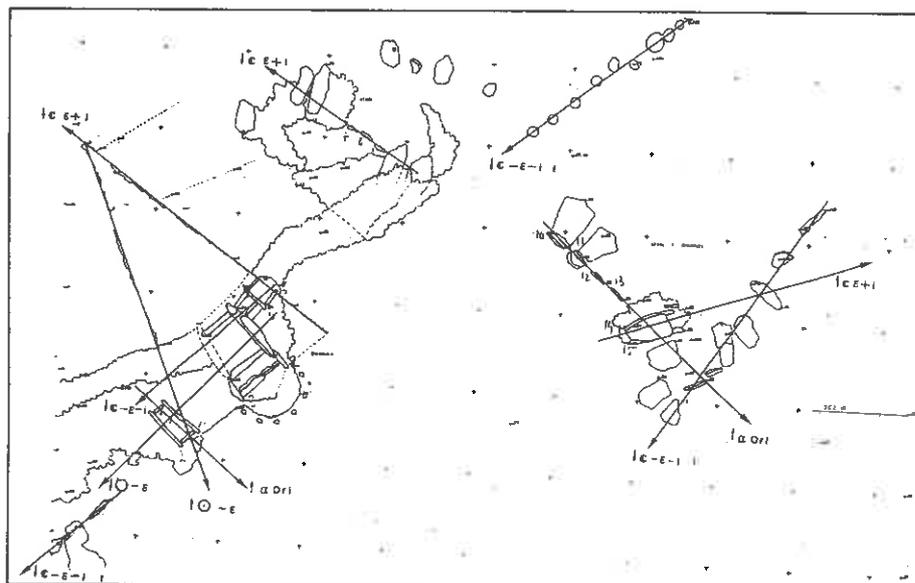


Fig. 5 Gli orientamenti nell'area megalitica nord di Saint Martin de Corleans (Aosta). I simboli $\uparrow\downarrow$ indicano rispettivamente la levata ed il tramonto; \odot e \odot indicano il Sole e la Luna (cortesia F. Mezzena).



Fig. 6 Visione aerea del terrapieno di Castello di Godego.



Fig. 7 Il terrapieno ovale di Veronella.

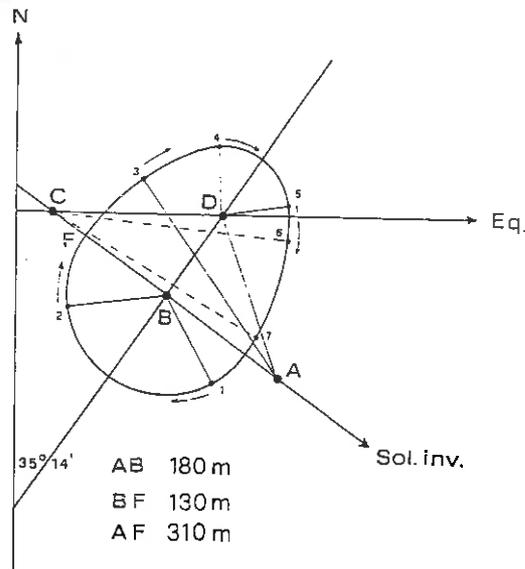


Fig. 8 Un metodo probabile per disegnare sul terreno la pianta del terrapieno ovale di Veronella. A, B, C, D sono i centri degli archi di circonferenza che formano la figura e sui quali sono stati posti dei pali. In A è stata legata una corda che, fatta girare attorno a B, è stata tenuta tesa in modo che un piolo fissato all'altra sua estremità, in 1, possa segnare sul terreno la traccia della figura. Partendo da 1 e procedendo in senso orario viene descritta la semicirconferenza 1, 2, F. In F la corda si stacca da B e facendo ora centro in A, automaticamente consente di tracciare l'arco, F, 3. In 4 la corda si impiglia in D e fa descrivere la semicirconferenza superiore. Giunti in 5, si stacca la corda da A e la si fissa in C e, continuando la passeggiata, si completa la figura (arco 6-7).



Fig. 9 Il cerchio di Ipparco.



Fig. 10 Armilla solstiziale.



Fig. 11 Una antica clessidra egiziana ad acqua.



Fig. 12 Il merket egiziano.

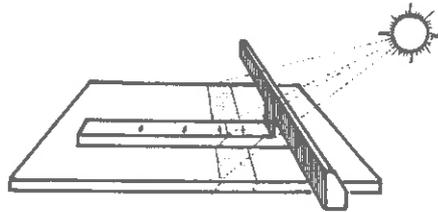


Fig. 13 Antica meridiana egiziana.

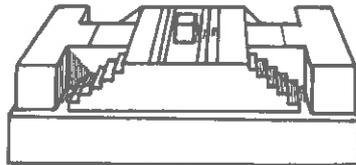


Fig. 14 La meridiana di Acz.



Fig. 15 Il polos.

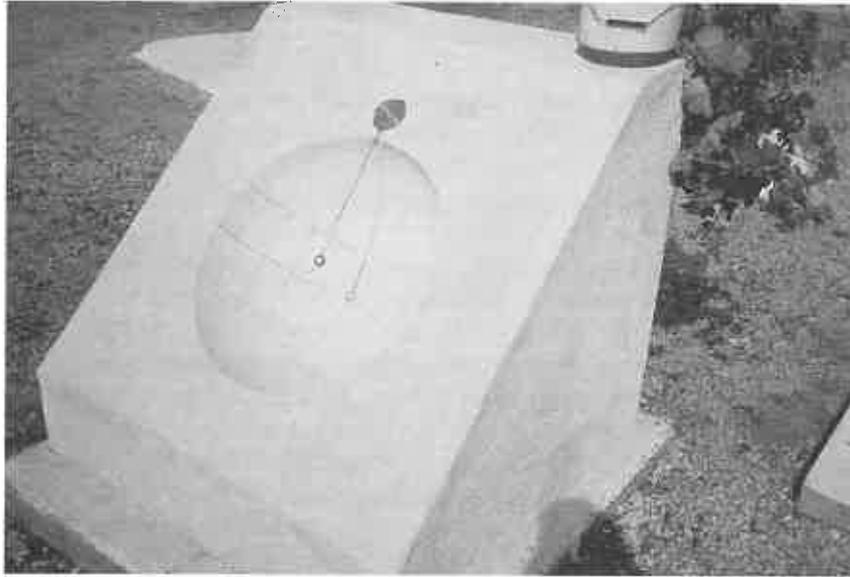


Fig. 16 L'hemicyclium.

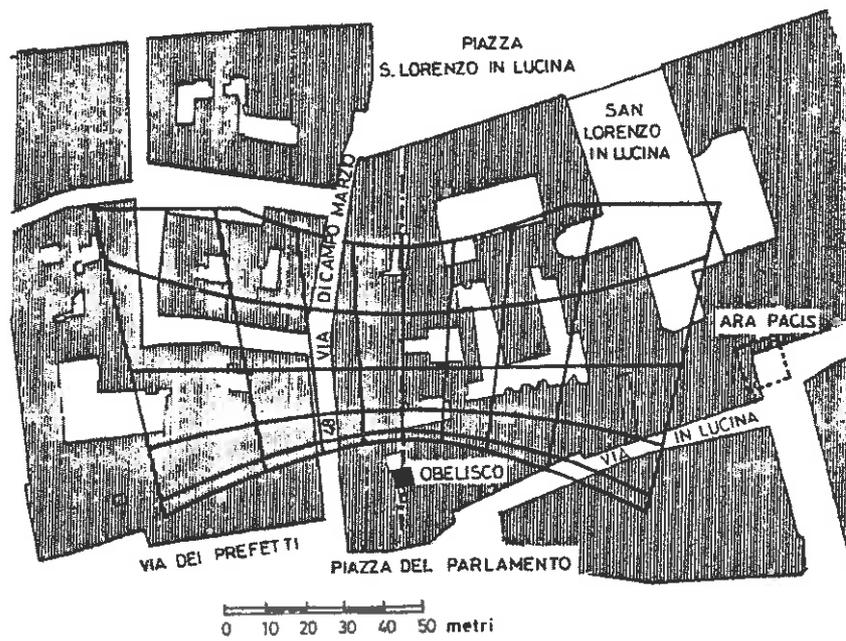


Fig. 17 La pianta della meridiana di Augusto in Roma.

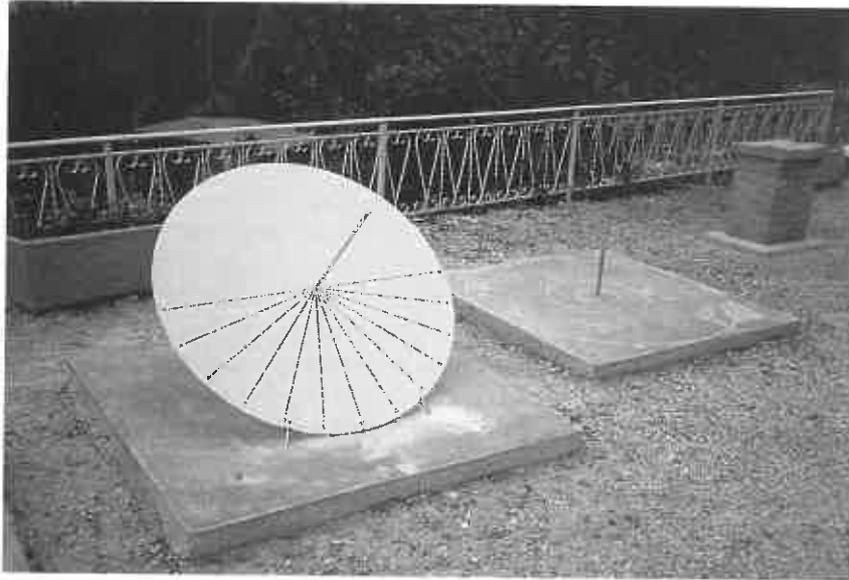


Fig. 18 Una meridiana equatoriale.



Fig. 19 L'Atlante Farnese del Museo Archeologico di Napoli.

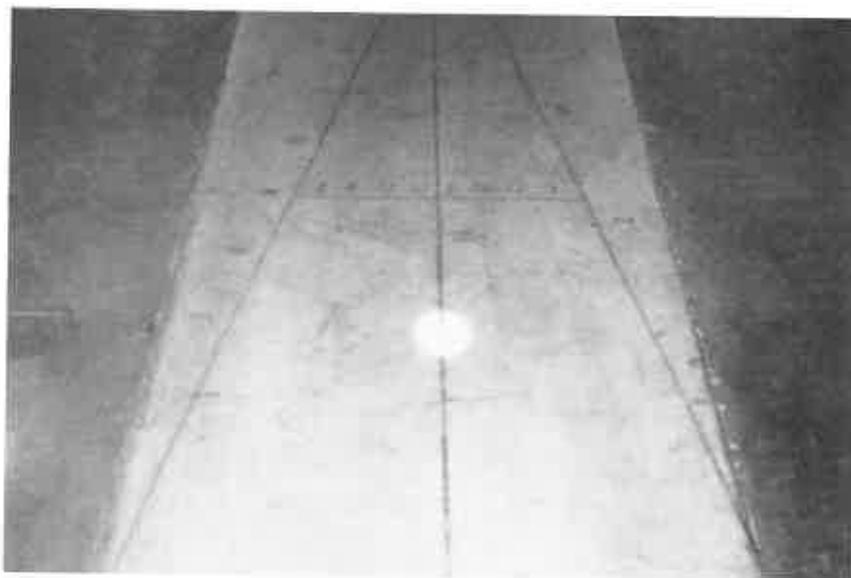


Fig. 20 La meridiana di Toaldo nella sala Meridiana dell'Osservatorio Astronomico di Padova.

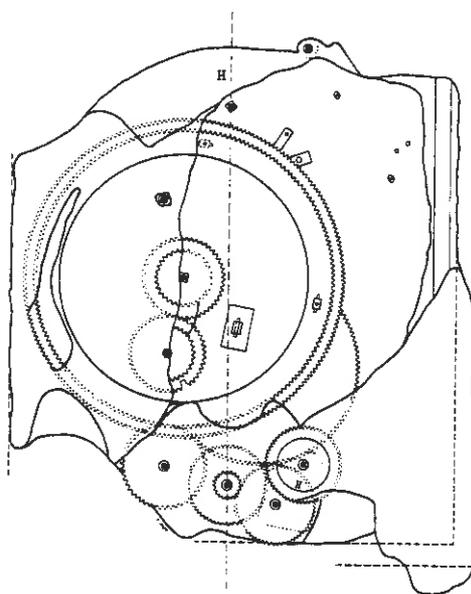


Fig. 21 Uno schema dell'apparecchio di Antikythera.