



QUADERNI DI COOPERAZIONE EDUCATIVA

Nicoletta Lanciano

# Strumenti per i giardini del cielo

Materiali per le classi, per i musei, per i parchi,  
per la formazione degli insegnanti e degli animatori culturali

Terza edizione riveduta e ampliata



**edizioni junior**  
Gruppo SPAGGIARI

## 15. Gli orologi solari e l'orologio solare trasparente

### *Strumenti per registrare il passare del tempo attraverso le ombre*

#### Gli orologi solari

Tra i più antichi gnomoni (dal greco *gnomon* = bastone) ci sono gli obelischi egiziani. Lo gnomone serve per determinare, attraverso la direzione e la lunghezza della sua ombra (e quindi in un giorno di sole...), l'ora e il periodo dell'anno in cui ci si trova. «Lo gnomone, questo oggetto che non acquista senso se non attraverso la sua ombra» (Jean Sauvy, comunicazione personale, 1984).

L'ombra è la messaggera muta del trascorrere del tempo, del conto delle ore e dei giorni. L'obelisco, inoltre, è raffigurazione e simbolo lui stesso del raggio del Sole.

Anche l'obelisco di Piazza San Pietro a Roma è uno gnomone e, in terra, su un tracciato esteso verso nord per circa 60 m, sono segnati i nomi dei segni dello Zodiaco, come su un calendario. La retta che li unisce è la materializzazione di un tratto del meridiano locale e per questo si chiama linea meridiana. Molti la calpestano, pochi la riconoscono e la guardano.

Ma "meridiano" deriva dal latino *meridiae* che significa "metà del giorno": il Sole infatti "attraversa il cielo" in meridiano, a mezzogiorno, e la sua ombra messaggera fedele attraversa sul terreno la linea meridiana, a indicare le ore 12 (si vedano i *cerchi indù*).

Costruirsi un orologio/calendario è un'attività pratica che ogni classe può realizzare. Si tratta di fissare su un terrazzo o in cortile un'asta verticale e segnare l'ombra, per esempio, ogni ora. Osservare lo suo spostamento e fare previsioni è un'attività che è possibile svolgere anche con i bambini. In un secondo momento, si potrà passare alle misure delle lunghezze dell'ombra e poi a quelle degli angoli tra un'ombra e l'altra.

Anche i *quadranti solari* che si trovano sulle facciate, esposte al Sole almeno qualche ora al giorno, funzionano con l'ombra di uno stilo o gnomone, spesso inclinato in modo da risultare parallelo all'asse terrestre: sono strumenti che si può imparare facilmente a leggere.



Particolare dello gnomone della meridiana orizzontale del 120° Circolo Didattico di Roma



La meridiana orizzontale del 120° Circolo Didattico di Roma creata da Walter Cozzolino e Clelia Forgnone

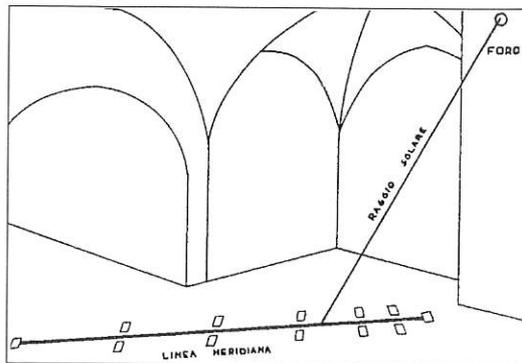
«Traccia del tempo, di un altro tempo. Misura che puntualizza la vita senza contabilizzare la durata delle azioni, cosa questa che ha fatto sì che si potessero passare tre ore a riparare un paio di zoccoli o tre anni a costruire una terrazza senza rischiare, una volta, di perdere tempo. Ed è proprio l'aver dimenticato quel tipo di tempo a vantaggio di quello scandito dall'ora, del frazionamento delle vite obbligate a essere accordate al campanile o alle lancette, che ha insegnato a dubitare e deridere la virtù della pazienza» (Ricou, Honet, 1984).

Ma è all'interno di chiese e palazzi che si trovano i veri gioielli: le meridiane in cui la protagonista è la luce stessa del Sole.

Anche in questo caso una linea che va da sud a nord è tracciata in Terra e in alto, mentre sulla parete a sud dell'edificio, un forellino permette al Sole di entrare.

La luce che entra da un foro di pochi centimetri non è luce diffusa ma un raggio sottile che a mezzogiorno incontra sul pavimento la linea meridiana.

In questo senso la linea costituisce un orologio che segna le ore 12: quella della chiesa di Santa Maria degli Angeli a Roma, costruita nel 1701 dall'astrologo Francesco Bianchini, è oggi accompagnata dal botto del cannone del Gianicolo nell'annuncio del mezzogiorno ai romani. Forse la luce era troppo silenziosa.



Schema della meridiana della chiesa di S. Maria degli Angeli a Roma

È facile e se si ha la dis- dere alla fine in terra con la linea può ess dall'occident

Ma, pensa nel cielo a su ebbene la sua all'inverno. C fica in cui si trova tra 37°

Se indico luogo di osse golo dell'alte gno, giorno d cui etimologi che significa nel suo andar l'angolo dell marzo e il 23 gli equinozi ( va da equa no come la notte del solstizio in no in cui le or

$B : 90^\circ - L$

$A : B + 23$

$C : B - 23$

Per preved può fare un dis e l'altezza DF, una scala fissa

Bisogna pe relazione al lu versa il meridia segnano le ore da 7 minuti e 1 mezzogiorno s

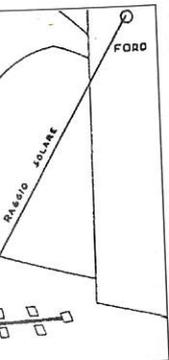
C'è dunque trova, e precisa locale vera. Poi risponde 1 ora,



zzolino

senza conta-  
o passare tre  
schiare, una  
o a vantaggio  
accordate al  
la pazienza»

ridiane in cui  
erra e in alto,  
trare.



iesa di S.

È facile e interessante avere una meridiana interna a uso quotidiano anche in classe, se si ha la disponibilità di una finestra che prende luce dal sole del mattino: basta appendere alla finestra un cartoncino nero e praticarvi un foro. La linea che si viene a creare in terra con la luce del mezzogiorno solare è la linea meridiana di quella stanza. Questa linea può essere tracciata col pennello o con lo scotch colorato: essa divide l'oriente dall'occidente di quel locale e il tempo del mattino da quello del pomeriggio.

Ma, pensando ancora al momento del mezzogiorno, a quando cioè il Sole raggiunge nel cielo a sud la massima altezza sull'orizzonte prima di tramontare verso occidente, ebbene la sua posizione cambia durante l'anno: il Sole è molto più alto in estate rispetto all'inverno. Questa altezza, misurata in angoli (A, B, C) è legata alla posizione geografica in cui si trova chi osserva e in particolare dipende dalla sua latitudine. L'Italia si trova tra 37° nord e 47° nord.

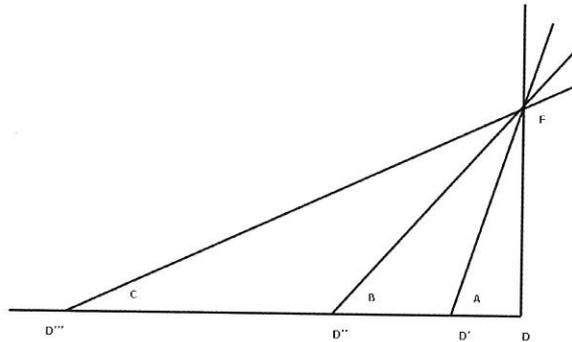
Se indico con L la latitudine del luogo di osservazione, con A l'angolo dell'altezza del Sole il 21 giugno, giorno del solstizio estivo (la cui etimologia deriva da *sol stare*, che significa che il Sole si "ferma" nel suo andare verso l'alto), con B l'angolo dell'altezza del Sole il 21 marzo e il 23 settembre, giorni degli equinozi (la cui etimologia deriva da *equa nox*, cioè il giorno dura come la notte) e con C nel giorno del solstizio invernale, che è il giorno in cui le ore di luce sono di meno, si avranno i seguenti calcoli:

$$\begin{aligned} B &: 90^\circ - L \\ A &: B + 23,5^\circ \\ C &: B - 23,5^\circ \end{aligned}$$

Per prevedere la lunghezza della meridiana e cioè le distanze  $DD'$ ,  $DD''$  e  $DD'''$  si può fare un disegno in scala, con gli angoli A, B e C correttamente calcolati e tracciati, e l'altezza DF, che è l'altezza tra il pavimento e il foro da cui entra il Sole, riprodotta in una scala fissata (per esempio 1 metro corrisponde a 1 centimetro).

Bisogna però fare attenzione al fatto che il Sole dà le ore a un orologio solare in relazione al luogo in cui ci si trova anche rispetto alla longitudine. Quando il Sole attraversa il meridiano che passa per Catania e Salerno (circa) tutti gli orologi degli italiani segnano le ore 12, ora civile, ma il Sole ha già attraversato la linea meridiana di Bari da 7 minuti e 1/2 e attraverserà quella di Torino circa 29 minuti più tardi: cioè quando è mezzogiorno solare a Torino, il nostro orologio segna già le 12 e 29 minuti.

C'è dunque una correzione legata alla posizione geografica del luogo in cui ci si trova, e precisamente alla longitudine, da apportare all'ora civile per conoscere l'ora locale vera. Poiché a 360° corrispondono 24 ore, a 15° (ampiezza di un fuso orario) corrisponde 1 ora, a 1° corrispondono 4 minuti e a 15 primi di grado corrisponde 1 minuto.



Schema di meridiana orizzontale per la latitudine di Roma

Dunque la distanza in longitudine espressa in gradi, che è la distanza dal meridiano centrale del proprio fuso orario o dal Primo Meridiano di Greenwich, può essere espressa anche in unità di tempo.

Se il Sole sta passando in meridiano a Catania, e tutti gli orologi degli italiani segnano le ore 12, a Bari l'ora locale sarà 12 e 7 minuti, mentre a Torino 12 ore meno 29 minuti e quindi a Torino sono ancora le 11 e 31 minuti, ora locale.

Ma esistono altre variazioni tra l'ora dell'orologio e il momento del passaggio del Sole in meridiano, dovute alla diversa velocità della Terra nel suo moto di rivoluzione durante un anno e all'inclinazione del piano dell'Equatore sul piano dell'Eclittica.

Questa variazione, uguale ogni anno e per tutti i punti della Terra, è riassunta in un grafico (a forma di 8 allungato o sinusoidale) o in una tabella, ed è detta *equazione del tempo*. Il valore dell'*equazione del tempo*, per conoscere l'ora solare vera locale, va sommato, con il suo segno + o -, all'orario già trovato con la correzione per la longitudine.

Tabella dell'equazione del tempo

EQUAZIONE DEL TEMPO IN MINUTI E SECONDI													
Giorni	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	
	M S	M S	M S	M S	M S	M S	M S	M S	M S	M S	M S	M S	M S
1	+3 16	+13 33	+12 34	+4 09	-2 51	-2 25	+3 34	+6 18	+0 15	-10 03	-16 21	-11 55	
2	3 44	13 41	12 22	3 51	2 59	2 16	3 46	6 15	-0 04	10 23	16 23	10 53	
3	4 12	13 48	12 10	3 33	3 06	2 07	3 57	6 10	0 24	10 42	16 24	10 30	
4	4 40	13 55	11 58	3 15	3 12	1 57	4 08	6 06	0 43	11 00	16 24	10 06	
5	5 07	14 00	11 44	2 57	3 18	1 47	4 19	6 00	1 03	11 19	16 24	9 42	
6	+5 34	+14 05	+11 31	+2 40	-3 23	-1 36	+4 30	+5 54	-1 23	-11 37	-16 22	-9 17	
7	6 00	14 09	11 17	2 22	3 28	1 26	4 40	5 48	1 43	11 55	16 20	8 52	
8	6 26	14 12	11 02	2 05	3 33	1 15	4 49	5 41	2 03	12 12	16 17	8 26	
9	6 51	14 15	10 48	1 49	3 36	1 03	4 59	5 33	2 24	12 29	16 13	8 00	
10	7 16	14 17	10 32	1 32	3 39	0 52	5 08	5 25	2 45	12 45	16 08	7 33	
11	+7 40	+14 17	+10 17	+1 16	-3 41	-0 40	+5 16	+5 16	-3 05	-13 01	-16 02	-7 06	
12	8 04	14 18	10 01	1 00	3 43	0 28	5 25	5 07	3 26	13 17	15 55	6 38	
13	8 27	14 17	9 45	0 44	3 45	0 15	5 32	4 57	3 47	13 32	15 48	6 10	
14	8 50	14 16	9 29	0 29	3 45	-0 03	5 40	4 46	4 08	13 46	15 39	5 42	
15	9 12	14 14	9 12	+1 3	3 45	+0 10	5 46	4 35	4 30	14 00	15 30	5 13	
16	+9 33	+14 11	+8 55	-0 01	-3 45	+0 23	+5 53	+4 24	-4 51	-14 13	-15 20	-4 44	
17	9 54	14 07	8 38	0 16	3 44	0 36	5 59	4 12	5 12	14 26	15 09	4 15	
18	10 14	14 03	8 21	0 29	3 42	0 49	6 04	3 59	5 33	14 38	14 58	3 46	
19	10 33	13 58	8 03	0 43	3 40	1 02	6 09	3 46	5 55	14 50	14 45	3 16	
20	10 51	13 53	7 46	0 56	3 37	1 15	6 13	3 33	6 16	15 01	14 32	2 47	
21	+11 09	+13 46	+7 28	-1 09	-3 34	+1 28	+6 17	+3 19	-6 37	-15 12	-14 18	-2 17	
22	11 26	13 39	7 10	1 21	3 30	1 41	6 20	3 04	6 58	15 21	14 03	1 47	
23	11 43	13 32	6 52	1 33	3 26	1 54	6 23	2 49	7 19	15 31	13 47	1 17	
24	11 58	13 24	6 24	1 44	3 21	2 07	6 24	2 34	7 40	15 39	13 31	0 47	
25	12 13	13 15	6 16	1 55	3 15	2 20	6 26	2 18	8 01	15 47	13 14	-0 18	
26	+12 27	+13 06	+5 58	-2 06	-3 10	+2 33	+6 27	+2 01	-8 22	-15 54	-12 56	+0 12	
27	12 40	12 56	5 40	2 16	3 03	2 46	6 27	1 46	8 43	16 00	12 37	0 42	
28	12 52	12 45	5 21	2 25	2 56	2 58	6 26	1 27	9 03	16 06	12 17	1 11	
29	13 04		5 03	2 34	2 49	3 11	6 25	1 09	9 23	16 11	11 57	1 40	
30	13 14		4 45	2 43	2 41	3 23	6 23	0 51	9 43	16 15	11 36	2 10	
31	+13 24		+4 27		-2 33		+6 21	+0 33		-16 19		+2 39	

+ significa che il Sole vero è in ritardo rispetto all'orologio  
 - significa che il Sole vero è in anticipo rispetto all'orologio  
 M = minuti  
 S = secondi

eridia-  
essere  
ani se-  
eno 29

gio del  
oluzio-  
elittica.  
sunta in  
ione del  
va som-  
itudine.

ore	Dicembre
	M S
1	-11 55
3	10 53
4	10 30
4	10 06
4	9 42
2	-9 17
0	8 52
7	8 26
3	8 00
8	7 33
02	-7 06
55	6 38
48	6 10
39	5 42
30	5 13
20	-4 44
09	4 15
58	3 46
45	3 16
32	2 47
18	-2 17
03	1 47
47	1 17
31	0 47
14	-0 18
56	+0 12
37	0 42
27	1 11
57	1 40
36	2 10
	+2 39

Per esempio: a che ora passa il Sole in meridiano a Roma il 10 gennaio? Cioè a che ora civile, segnata dall'orologio, l'ombra dello gnomone passa sulla linea meridiana e sono quindi le 12 di ora vera locale? Il calcolo è il seguente: 12 ore + 10 minuti (longitudine) + 7 minuti 16 secondi (Equazione del tempo) = 12 ore 17 minuti 16 secondi.

Un aspetto importante degli orologi solari e delle meridiane, oltre l'intreccio tra la luce e l'ombra, è dunque l'intreccio tra il tempo e lo spazio.

### Linee orarie e curve di declinazione degli orologi solari

Oltre la linea del mezzogiorno, in un orologio solare ci sono di solito altre linee orarie, relative alle ore del mattino e del pomeriggio: questo dipende dal tempo in cui la parete che ospita l'orologio solare verticale è raggiunta dai raggi del Sole. In un orologio solare orizzontale, o su uno verticale su parete esposta esattamente a sud, tali linee sono simmetriche rispetto a quella delle ore 12.

Oltre alle linee orarie, in un orologio solare ci possono essere altre linee, trasversali rispetto alle prime, che sono le curve di declinazione: sono quelle percorse dal termine dell'ombra dello gnomone in uno stesso giorno.

Tali linee curve sono diverse nei vari periodi dell'anno per cui possono essere lette come un calendario: in un orologio solare verticale la linea più alta, più vicina all'origine dello gnomone, è la curva di declinazione del solstizio d'inverno, cioè del momento dell'anno in cui il Sole è più basso sull'orizzonte, alle nostre latitudini settentrionali. Di conseguenza la curva più in basso è quella relativa al solstizio d'estate: in mezzo a questi due gruppi di curve con diversa concavità, vi è la curva di declinazione degli equinozi, che è una retta.

In un orologio solare orizzontale invece, la curva più vicina al piede dello gnomone corrisponde al solstizio d'estate, quando il Sole è più alto sull'orizzonte, e la curva più lontana è quella del solstizio d'inverno in cui le ombre sono più lunghe.

### Quali domande ci poniamo e quali riflessioni condividiamo in vista della costruzione di un orologio solare?

Dal dialogo di un gruppo di lavoro:

- *Quante ore del giorno vogliamo che funzioni?*
- *Se lo costruiamo in inverno, cosa si deve fare perché funzioni sempre, anche in estate?*
- *Qual è il periodo ottimale per iniziarlo? E per completarlo ci vogliono 6 mesi?*



L'orologio solare della Casa Laboratorio di Cenci

- Qual è il posto migliore per costruirlo?
- Qual è il margine di errore che si può accettare?
- Secondo me un orologio solare non è uno strumento di precisione.
- Mi piace che non dia l'ora precisa al minuto, appartiene a una cultura diversa.
- Fino a un passato recente, non era l'ora condivisa da tutti che interessava. Prima dei contatti tramite ferrovia tra diversi paesi, prima della radio e di altri mezzi di comunicazioni, la precisione e la condivisione di un tempo uguale al secondo serviva solo agli astronomi, per le loro osservazioni.
- Un orologio solare non è alta tecnologia.
- Comunque uno strumento di misura deve essere il più preciso possibile.
- Costruirlo sul muro verticale o su un piano orizzontale o in terra: qual è più difficile?
- Comunque segna le ore locali vere, non quelle civili dell'orologio, e poi c'è la differenza giornaliera dovuta all'equazione del tempo.

### Alcune risposte

Relativamente alla scelta del luogo migliore per costruire un orologio solare, si forniscono di seguito alcune indicazioni utili.

Se si ha a disposizione un muro verticale, è necessario individuare se esso sia orientato esattamente nella direzione est-ovest o se invece sia declinante (nel senso che "declina" verso qualche altra direzione).

Lo facciamo con i *cerchi indù* appoggiando una tavoletta al muro (mettendola in piano con una livella) e con lo gnomone verticale (verificandolo con il filo a piombo o con una squadretta; si veda anche il *declinometro*).

Se è il muro è non declinante, il tracciato delle ore è simmetrico, rispetto alla linea del mezzogiorno, altrimenti no (tra mattina e pomeriggio gli angoli tra due linee orarie consecutive e simmetriche rispetto al tempo del mezzogiorno sono diversi).

Per un orologio solare orizzontale, il luogo deve essere abbastanza ampio da accogliere le ombre dell'inverno: è opportuno iniziare in autunno e lavorare fino al solstizio d'inverno, perché in quel momento dell'anno si hanno le ombre più lunghe. Si può tener presente che, alle nostre latitudini, l'ombra massima a mezzogiorno è un po' più lunga del doppio dello gnomone verticale.

La superficie su cui è più semplice disegnare un orologio solare è il piano equatoriale (si vedano la *sdraio celeste* e l'*orologio solare trasparente*).

In autunno e in inverno la luce arriva sulla sdraio celeste, quindi sul piano equatoriale, sulla superficie "di sotto" (quella rivolta verso il terreno) e quindi qui si formano le ombre dello gnomone polare, perpendicolare al piano della sdraio. In primavera e in estate, invece, è interessata la superficie superiore: è più semplice, almeno per cominciare. Sul piano può essere poggiato un foglio con un suo gnomone più piccolo, parallelo all'asse terrestre già presente nella sdraio, per il rilievo giornaliero. In questo caso le ore sono regolari perché il Sole si sposta ogni giorno su un cerchio parallelo a un parallelo terrestre, che, a sua volta, risulta parallelo all'orizzonte del Polo.

In un orologio solare rposto al Polo si vede, come sul mappamondo parallelo, lo spostamento di 15° all'ora del Sole e dell'ombra.

Su un piano orizzontale con uno gnomone polare si hanno punti allineati per le stesse ore e ombre sovrapposte. Con lo gnomone verticale, perpendicolare al piano di terra, invece questo non succede: in mesi diversi le linee delle ombre delle ore non risultano tra loro sovrapposte, tranne quelle delle ore 12 (vere locali).

Su una superficie verticale o orizzontale, il disegno delle linee orarie si può trovare attraverso la proiezione ovvero la piegatura del foglio a partire dal tracciato sul piano equatoriale su cui a ogni ora corrispondono  $15^\circ$  di spostamento dell'ombra (si veda il capitolo 18 di questo volume).

### L'orologio solare trasparente

Per costruire un orologio solare su una superficie verticale o orizzontale è utile partire, sia per la costruzione che per la comprensione, da un orologio solare equatoriale (si veda la *sdraio celeste*) e fare una proiezione. Per meglio visualizzare tale proiezione, realizziamo tre piani di plexiglas trasparente tra loro incidenti e incernierati come mostra la prossima.

Sul piano equatoriale, opportunamente inclinato rispetto alla latitudine del luogo, cioè con un angolo pari a  $90^\circ - L$  ( $L$  = latitudine del luogo) rispetto al terreno, è segnato l'orologio solare equatoriale con le linee orarie regolari, una ogni  $15^\circ$ . Si fa allora passare lo stilo perpendicolare a tale piano attraverso un foro C praticato nel centro del cerchio delle linee orarie.

Tale stilo incontra gli altri due piani, nei punti A e B, con i seguenti angoli:



*Tre piani di plexiglas trasparente tra loro incidenti e incernierati*



*L'orologio solare trasparente realizzato da Massimiliano Pontani a Roma*

- $90^\circ - L =$  angolo tra lo stilo e il piano verticale (punto A);
- latitudine = angolo tra lo stilo e il piano orizzontale (punto B).

Dai punti A e B partono le linee orarie degli orologi solari verticale e orizzontale che si incontrano tra loro e con le linee orarie dell'orologio solare equatoriale in punti lungo la cerniera (si vedano gli *strumenti di carta per leggere il cielo*).

#### Curiosità e notizie storiche

- I tracciati delle linee orarie e delle curve di declinazione portano a due questioni importanti che sono la scansione delle ore e il calendario. Per la storia di queste due questioni, si rimanda alla bibliografia.

## 16. Il e la ru

### Due str della L

#### Il goniometr

Noi osser  
"si inseguon  
vediamo la L  
durante la no  
riceve la luce

Il goniom  
relazione tra  
ovvero l'ang

Il goniom  
chio sono dis  
mese lunare.  
va, deve esse  
si trova nella  
(il centro è la  
la Luna. Trov  
due frecce ver  
la Terra e la L

A questo p  
lancetta, indic

In questo m  
fase si trova la

Avere ques

- a guardare
- a scoprire l
- a seguire g