museo dell'industria e del lavoro brescia musil

fondazione luigi micheletti

GSES Gruppo per la storia dell'energia solare

CONASES Comitato Nazionale "La Storia dell'Energia Solare"

GAETANO VINACCIA

IL CORSO DEL SOLE
IN URBANISTICA ED EDILIZIA

PARTE PRIMA
GLI ELEMENTI ASTRONOMICI DI CALCOLO DELL'INSOLAZIONE

Le equazioni per il calcolo della posizione del Sole e del tempo dell'insolazione

CAPITOLO VIII
Equazione del tempo

http://www.musil.bs.it/il_corso_del_sole/

CAPITOLO VIII

EQUAZIONE DEL TEMPO

Nelle calcolazioni solari ha grande importanza per gli effetti eliotermici *la durata* dell'insolazione. Perciò occorre avere gli elementi per il calcolo di essa.

All'urbanista, all'edile, non è strettamente necessario sapere quale ora farà al suo orologio quando il Sole farà il suo ingresso, supponiamo da una finestra. A lui interessa sapere la durata dell'insolazione riferita a mezzodì vero; ciò semplifica di molto il calcolo.

Di conseguenza la trattazione è limitata ad esso. D'altra parte, volendo, facile è il passare dal *tempo vero* a quello *medio legale*, attraverso l'equazione del tempo.

Per calcolare il tempo *medio legale*, che è quello segnato dagli orologi, occorre:

1° ridurre il tempo *vero locale* in *tempo medio* apportandovi una correzione detta *equazione del tempo*, che si ricava dalle effemeridi astronomiche (in appresso è data quella per l'anno 1939);

2° ridurre il tempo *medio locale*, in tempo *medio civile* o *legale* (quello del fuso), sulla base della differenza di longitudine (per i fusi orari vedi planisfero di Mercatore).

Ricordiamo che l'orizzonte taglia alcuni paralleli celesti in due archi, uno visibile che si chiama *arco diurno* e *l'altro invisibile* che è l'arco notturno che a noi non interessa.

Questo arco è tagliato dal piano meridiano in due *semi archi*, e talvolta anche dal piano del primo verticale.

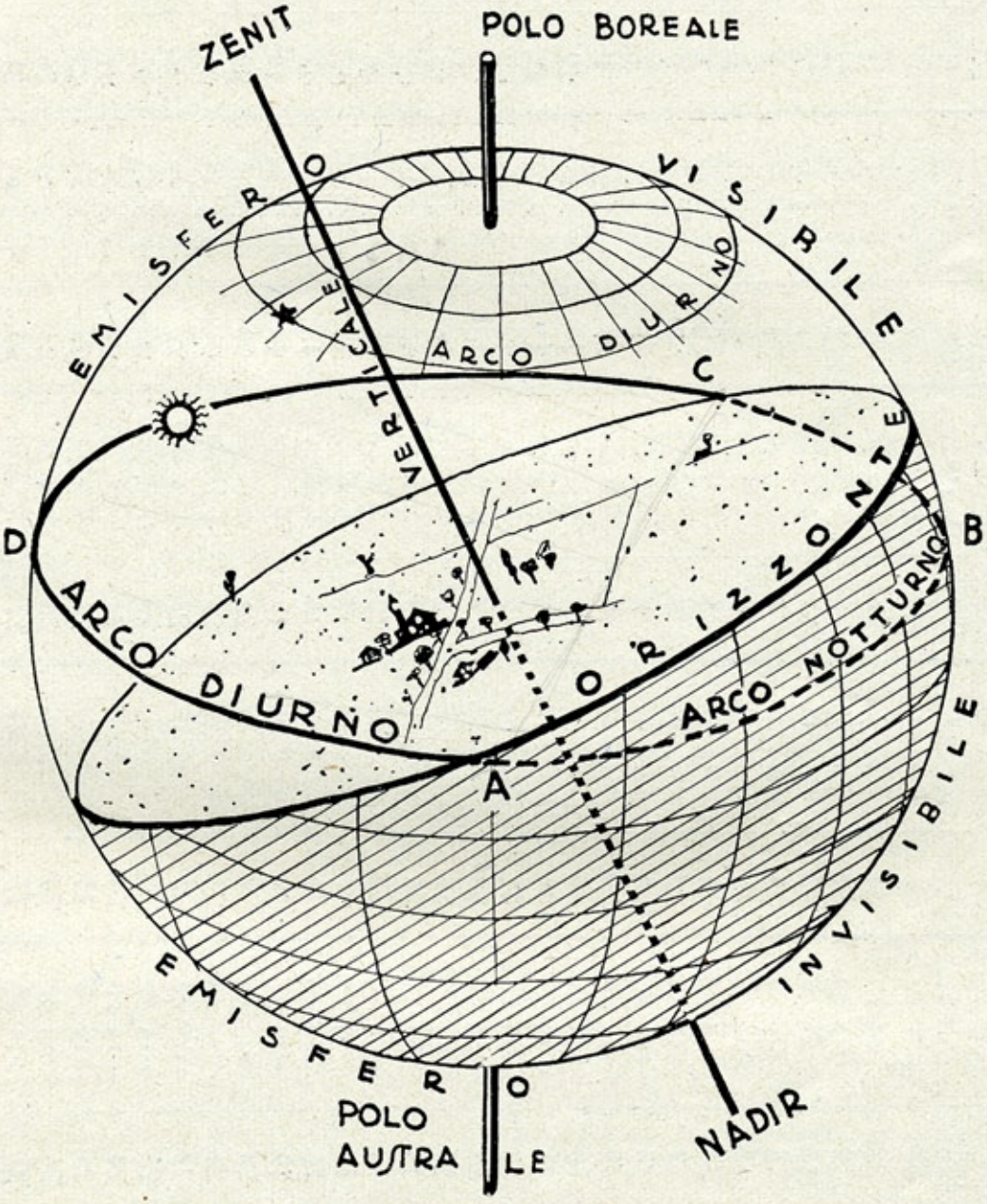


Fig. 59 – *L'arco diurno e notturno.*

L'arco diurno è la porzione del parallelo solare al disopra dell'orizzonte. Esso dà la misura della durata dell'insolazione in tempo sidereo. Ricordiamo che l'ora siderea è minore di 10 s. dell'ora solare media.

TABELLA VII. — **Equazione del tempo per l'anno 1939.** A mezzodì del tempo medio di Greenwich (Tempo Universale: T. U. Il valore ε_m dell'equazione del tempo aggiunto col proprio segno all'ora media dà l'ora vera).

GENNAIO		FEBBRAIO		MARZO		APRILE		MAGGIO		GIUGNO	
Giorno	ε_m	Giorno	ε_m	Giorno	ε_m	Giorno	ε_m	Giorno	ε_m	Giorno	ε_m
	m s		m s		m s		m s		m s		m s
1	— 3 20	1	—13 37	1	—12 36	1	— 4 10	1	+ 2 50	1	+ 2 25
2	— 3 49	2	—13 45	2	—12 23	2	— 3 52	2	+ 2 58	2	+ 2 16
3	— 4 16	3	—13 52	3	—12 12	3	— 3 34	3	+ 3 05	3	+ 2 07
4	— 4 44	4	—13 58	4	—12 0	4	— 3 16	4	+ 3 11	4	+ 1 57
5	— 5 11	5	—14 04	5	—11 46	5	— 2 58	5	+ 3 17	5	+ 1 47
6	— 5 38	6	—14 09	6	—11 33	6	— 2 41	6	+ 3 22	6	+ 1 37
7	— 6 04	7	—14 13	7	—11 19	7	— 2 23	7	+ 3 27	7	+ 1 26
8	— 6 30	8	—14 16	8	—11 04	8	— 2 06	8	+ 3 31	8	+ 1 15
9	— 6 56	9	—14 18	9	—10 49	9	— 1 49	9	+ 3 35	9	+ 1 04
10	— 7 20	10	—14 20	10	—10 34	10	— 1 33	10	+ 3 38	10	+ 0 52
11	— 7 45	11	—14 21	11	—10 19	11	— 1 16	11	+ 3 41	11	+ 0 40
12	— 8 08	12	—14 21	12	—10 03	12	— 1 00	12	+ 3 42	12	+ 0 28
13	— 8 32	13	—14 20	13	— 9 47	13	— 0 45	13	+ 3 44	13	+ 0 16
14	— 8 54	14	—14 19	14	— 9 30	14	— 0 29	14	+ 3 44	14	+ 0 03
15	— 9 16	15	—14 17	15	— 9 14	15	— 0 14	15	+ 3 45	15	— 0 08
16	— 9 38	16	—14 14	16	— 8 57	16	— 0 00	16	+ 3 44	16	— 0 21
17	— 9 58	17	—14 10	17	— 8 40	17	+ 0 14	17	+ 3 43	17	— 0 34
18	—10 18	18	—14 06	18	— 8 22	18	+ 0 28	18	+ 3 41	18	— 0 47
19	—10 37	19	—14 01	19	— 8 05	19	+ 0 41	19	+ 3 39	19	— 1 00
20	—10 56	20	—13 55	20	— 7 47	20	+ 0 55	20	+ 3 36	20	— 1 13
21	—11 14	21	—13 49	21	— 7 30	21	+ 1 07	21	+ 3 33	21	— 1 26
22	—11 31	22	—13 42	22	— 7 12	22	+ 1 20	22	+ 3 29	22	— 1 40
23	—11 47	23	—13 35	23	— 6 54	23	+ 1 31	23	+ 3 25	23	— 1 53
24	—12 02	24	—13 26	24	— 6 36	24	+ 1 43	24	+ 3 20	24	— 2 05
25	—12 17	25	—13 18	25	— 6 17	25	+ 1 54	25	+ 3 15	25	— 2 18
26	—12 31	26	—13 08	26	— 5 59	26	+ 2 34	26	+ 3 09	26	— 2 31
27	—12 44	27	—12 58	27	— 5 41	27	+ 2 14	27	+ 3 03	27	— 2 44
28	—12 56	28	—12 47	28	— 5 23	28	+ 2 24	28	+ 2 56	28	— 2 56
29	—13 08			29	— 5 04	29	+ 2 33	29	+ 2 49	29	— 3 08
30	—13 18			30	— 4 46	30	+ 2 42	30	+ 2 41	30	— 3 20
31	—13 28			31	— 4 28			31	+ 2 33		

Segue: TABELLA VII. — **Equazione del tempo per l'anno 1939**. A mezzodì del tempo medio di Greenwich (Tempo Universale: T. U. Il valore ε_m dell'equazione del tempo aggiunto col proprio segno all'ora media dà l'ora vera).

LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE		NOVEMBRE		DICEMBRE	
Giorno	ε_m	Giorno	ε_m	Giorno	ε_m	Giorno	ε_m	Giorno	ε_m	Giorno	ε_m
	m s		m s		m s		m s		m s		m s
1	— 3 32	1	— 6 14	1	— 0 11	1	+10 05	1	+16 20	1	+11 11
2	— 3 43	2	— 6 11	2	+ 0 07	2	+10 24	2	+16 22	2	+10 49
3	— 3 55	3	— 6 07	3	+ 0 27	3	+10 43	3	+16 23	3	+10 26
4	— 4 06	4	— 6 02	4	+ 0 46	4	+11 02	4	+16 23	4	+10 02
5	— 4 16	5	— 5 56	5	+ 1 06	5	+11 20	5	+16 22	5	+ 9 38
6	— 4 27	6	— 5 51	6	+ 1 26	6	+11 38	6	+16 20	6	+ 9 13
7	— 4 37	7	— 5 44	7	+ 1 46	7	+11 56	7	+16 18	7	+ 8 48
8	— 4 47	8	— 5 37	8	+ 2 06	8	+12 13	8	+16 15	8	+ 8 22
9	— 4 56	9	— 5 29	9	+ 2 26	9	+12 30	9	+16 10	9	+ 7 55
10	— 5 05	10	— 5 21	10	+ 2 47	10	+12 46	10	+16 05	10	+ 7 28
11	— 5 14	11	— 5 12	11	+ 3 08	11	+13 02	11	+16 00	11	+ 7 01
12	— 5 12	12	— 5 03	12	+ 3 29	12	+13 17	12	+15 53	12	+ 6 33
13	— 5 29	13	— 4 53	13	+ 3 50	13	+13 32	13	+15 45	13	+ 6 05
14	— 5 37	14	— 4 43	14	+ 4 11	14	+13 47	14	+15 37	14	+ 5 37
15	— 5 44	15	— 4 32	15	+ 4 32	15	+14 00	15	+15 27	15	+ 5 08
16	— 5 50	16	— 4 20	16	+ 4 53	16	+14 14	16	+15 17	16	+ 4 39
17	— 5 56	17	— 4 08	17	+ 5 14	17	+14 26	17	+15 06	17	+ 4 10
18	— 6 01	18	— 3 56	18	+ 5 36	18	+14 39	18	+14 55	18	+ 3 41
19	— 6 06	19	— 3 42	19	+ 5 57	19	+14 50	19	+14 42	19	+ 3 11
20	— 6 10	20	— 3 29	20	+ 6 18	20	+15 01	20	+14 29	20	+ 2 41
21	— 6 14	21	— 3 15	21	+ 6 39	21	+15 12	21	+14 15	21	+ 2 12
22	— 6 17	22	— 3 00	22	+ 7 00	22	+15 21	22	+14 00	22	+ 1 42
23	— 6 19	23	— 2 45	23	+ 7 22	23	+15 30	23	+13 44	23	+ 1 12
24	— 6 21	24	— 2 30	24	+ 7 42	24	+15 39	24	+13 27	24	+ 0 42
25	— 6 22	25	— 2 14	25	+ 8 03	25	+15 47	25	+13 10	25	+ 0 12
26	— 6 23	26	— 1 57	26	+ 8 24	26	+15 54	26	+12 52	26	+ 0 16
27	— 6 23	27	— 1 40	27	— 8 45	27	+16 00	27	+12 33	27	+ 0 46
28	— 6 23	28	— 1 23	28	+ 9 05	28	+16 06	28	+12 14	28	+ 1 16
29	— 6 21	29	— 1 06	29	+ 9 25	29	+16 10	29	+11 54	29	+ 1 45
30	— 6 20	30	— 0 48	30	— 9 45	30	+16 14	30	+11 33	30	+ 2 14
31	— 6 17	31	— 0 29			31	+16 18			31	+ 2 43

Determinazione del semiarco diurno.

Ora del levare e tramontare del Sole riferito a mezzodì vero:

$$t_0 = \text{semiarco diurno.}$$

Per determinare il semiarco diurno, basta applicare la formula:

$$\text{sen } h = \text{sen } \varphi \text{ sen } \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad (3)$$

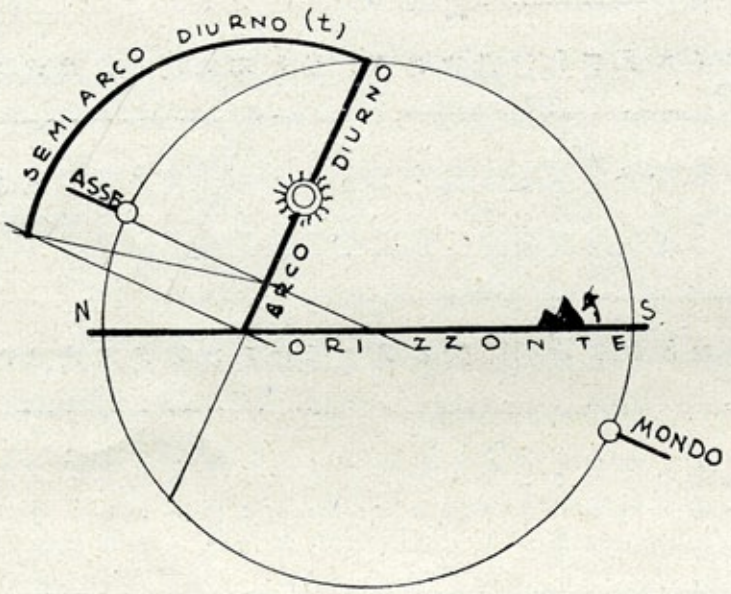


Fig. 60 – *Semiarco diurno.*

Ribaltamento sul piano orizzontale.

facendo $h = 0$, si ha:

$$0 = \text{sen } \varphi \text{ sen } \delta + \cos \varphi \cos \delta \cot t_0$$

dalla quale si ricava:

$$\cos t_0 = - \text{ tang } \varphi \text{ tang } \delta \text{ *} \quad (19)$$

t_0 è espresso in tempo sidereo che ricordiamo differisce di poco dal tempo medio (10^s per ogni ora in meno).

Il giorno comincia e finisce quando il centro del Sole compare o scompare all'orizzonte tenendo conto della rifrazione di 34′.

---

* Con la formula (19) sono stati calcolati i valori della Tabella VIII che dà i semiarchi diurni per tutte le latitudini da 0° a 66°33′ (circolo polare) per i solstizi e gli equinozi.

Vedi in *Appendice* Tavola I che dà gli archi diurni per le latitudini da 0° a 65° di grado in grado di declinazione.

APPLICAZIONE. — *Trovare l'angolo orario del levare e tramontare del Sole al 15 Gennaio a Firenze*:

latitudine $\varphi = 43°46'$,

declinazione 15 Gennaio 1938 $= -21°11'$,

$\cos t_0 = -\operatorname{tang} 43°46' \operatorname{tang} 21°11'$,

$t_0 = 68°5' = 4^h\, 32^m$ *

e tenendo conto della rfirazione di 34':

$$t_0 = 68°39' = 4^h\, 35^m.$$

t_0 è espresso in tempo siderale e per passare a quello solare medio occorre aggiungere 10^s per ogni ora — cioè 45^s — quantità trascurabile nel nostro genere di calcoli.

SEMIARCO DIURNO

(EMISFERO BOREALE).

Ribaltato sulla sezione meridiana della sfera celeste.

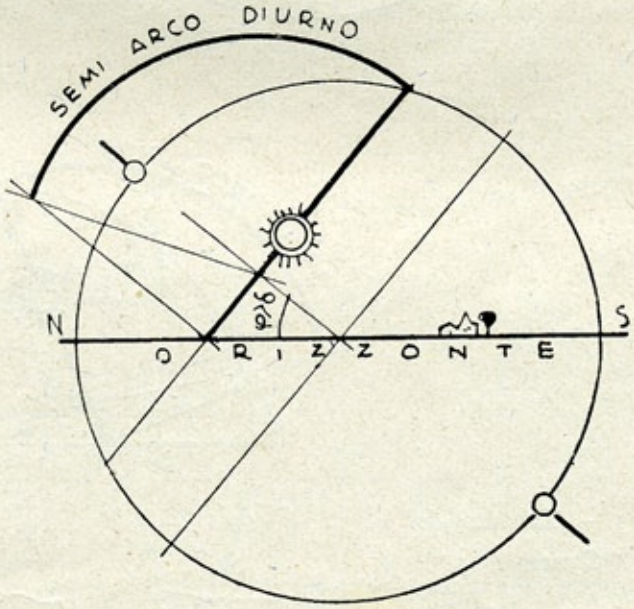


Fig. 61.

$\varphi > \delta > 23°27'$

* Per la conversione dei gradi in ore vedi Tabella XI a pag. 93.

SEMIARCO DIURNO SOLSTIZIALE D'ESTATE

(Emisfero Boreale).

$\delta = 23^{\circ}27'$.

L'arco semidiurno è ribaltato sulla sezione meridiana della sfera celeste.

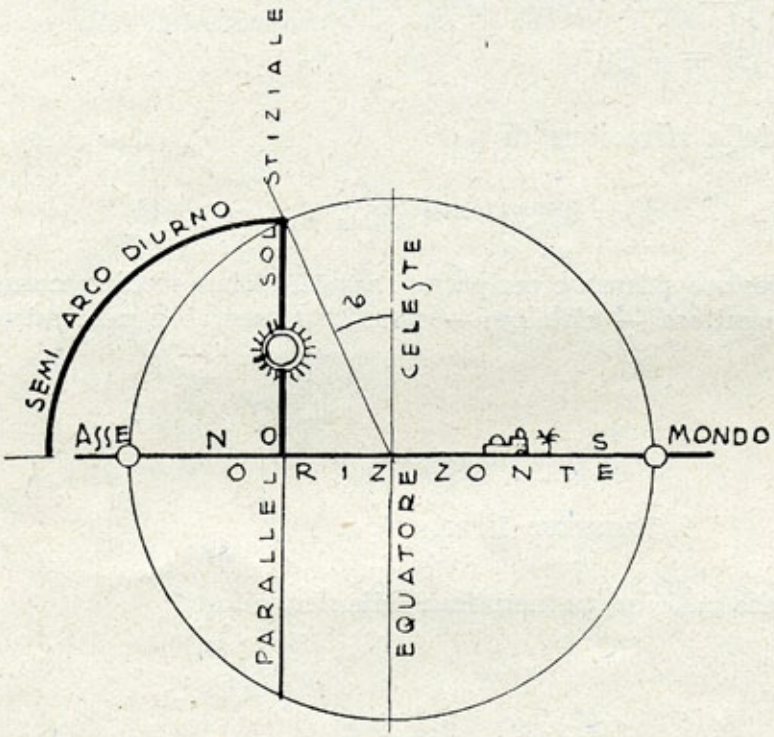


Fig. 62 – *Equatore* ($\varphi = 0^{\circ}$).

Il semiarco diurno è un quarto di cerchio $t_0 = 90^{\circ} = 6^{h}$.

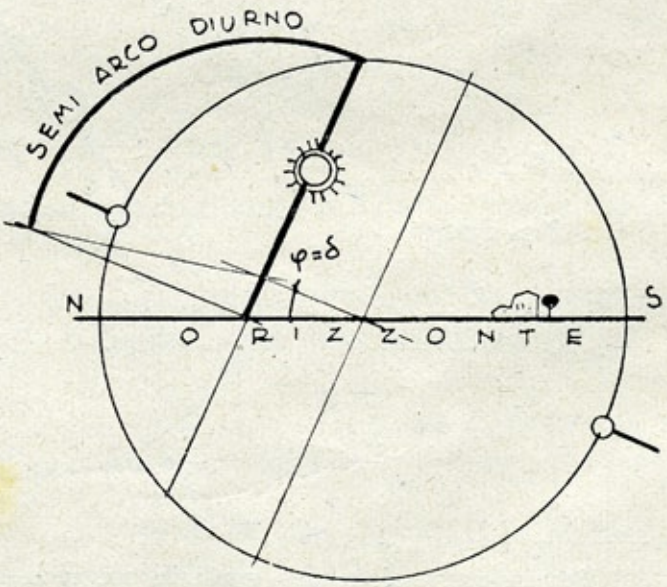
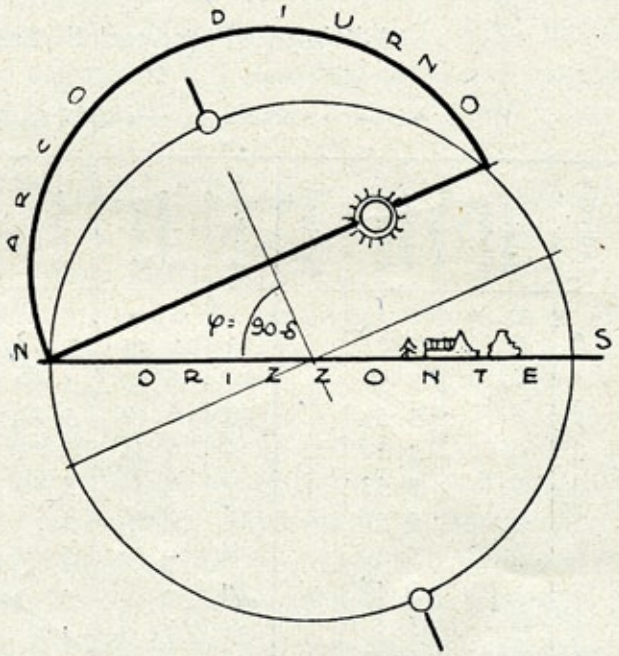


Fig. 63 – *Tropico del Cancro* ($\varphi = 23^{\circ}27'$).

ARCO DIURNO SOLSTIZIALE D'ESTATE
(EMISFERO BOREALE).

Fig. 64 – *Circolo polare*
($\varphi = 66°33'$).



L'arco diurno è un cerchio
$t_0 = 180° = 12^h$.

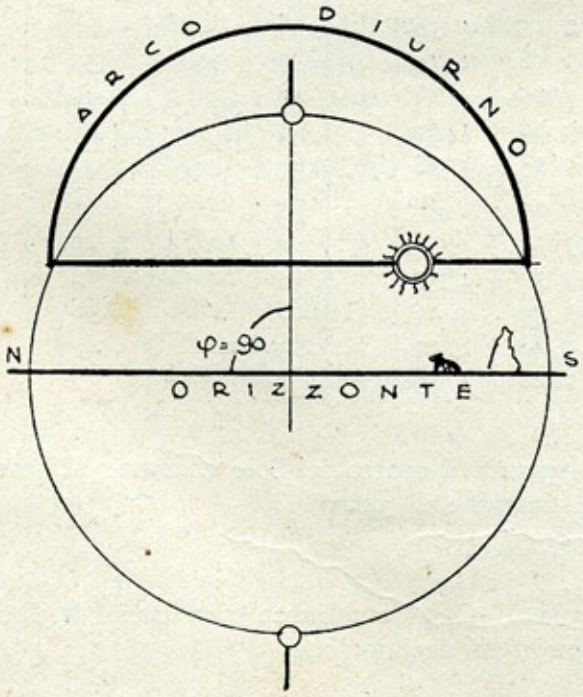


Fig. 65 – *Polo*
($\varphi = 90°$).

L'arco diurno è un cerchio
$t_0 = 360° = 24^h$.

TABELLA VIII.

Semiarchi diurni max e min *.

Solstiziali ed equinoziali (Emisfero Nord).

$$\cos t_0 = -\operatorname{tang} \varphi \operatorname{tang} \delta$$

Latitudine	Solstizio d'estate	Solstizio d'inverno	Equinozi	Latitudine	Solstizio d'estate	Solstizio d'inverno	Equinozi	Latitudine	Solstizio d'estate	Solstizio d'inverno	Equinozi
°	h m	h m		°	h m	h m		°	h m	h m	
0	6 4	6 03		23	6 45	5 18		46	7 49	4 14	
1	6 6	5 57		24	6 47	5 16		47	7 54	4 9	
2	6 6	5 57		25	6 49	5 14		48	7 55	4 8	
3	6 7	5 56		26	6 51	5 12		49	8	4 3	
4	6 10	5 53		27	6 54	5 9		**50**	8 7	3 55	
5	6 11	5 51		28	6 56	5 7		51	8 12	3 50	
6	6 13	5 50		29	6 59	5 4		52	8 17	3 45	
7	6 15	5 48		**30**	7	5 3		53	8 23	3 39	
8	6 16	5 47		31	7 3	4 0		54	8 29	3 33	
9	6 18	5 45		32	7 5	4 58		55	8 35	3 27	
10	6 20	5 43	6^h	33	7 8	4 55	6^h	56	8 43	3 19	6^h
11	6 22	5 41		34	7 11	4 53		57	8 50	3 12	
12	6 23	5 40		35	7 13	4 50		58	8 58	3 11	
13	6 25	5 38		36	7 16	4 47		59	9 7	2 55	
14	6 27	5 36		37	7 19	4 44		**60**	9 17	2 44	
15	6 29	5 34		38	7 22	4 41		61	9 28	2 33	
16	6 31	5 32		39	7 25	4 38		62	9 41	2 20	
17	6 33	5 30		**40**	7 27	4 36		63	9 56	2 5	
18	6 35	5 28		41	7 32	4 31		64	10 14	1 46	
19	6 37	5 26		42	7 34	4 39		65	10 36	1 24	
20	6 39	5 24		43	7 37	4 26		66	11 10	0 50	
21	6 41	5 22		44	7 41	4 22		66 33	12	0	
22	6 43	5 20		45	7 44	4 19					

Il giorno comincia e finisce quando il centro del Sole compare all'orizzonte, tenendo conto però della rifrazione di 34′.

---

* Vedi in *Appendice* Tavola I arco semidiurno per tutte le latitudini sino a 65° di grado in grado di declinazione.

2. Calcolo grafico del semiarco diurno.

1ª COSTRUZIONE. — Costruzione semplice e sufficientemente approssimata, usata nelle figg. 61 a 65.

Si disegni la sezione meridiana della sfera celeste e vi si proietti l'orizzonte ed il parallelo descritto dal Sole servendosi della latitudine e della declinazione. Il segmento del parallelo solare al disopra dell'orizzonte è la proiezione del semiarco diurno, che ha il suo centro sull'asse del mondo.

Ribaltando sul piano meridiano l'arco si avrà t_0 = *arco semidiurno*.

2ª COSTRUZIONE. — È quella della fig. 66.

Si disegni invece la sfera terrestre. Si segni l'equatore in modo che faccia un angolo δ pari alla declinazione con la direzione dei raggi solari.

Si segni la latitudine φ a partire dall'equatore.

Da φ si conduca una retta parallela all'equatore, sarà il parallelo celeste descritto dal Sole per quella latitudine e declinazione. L'asse del mondo taglia la proiezione del parallelo nel punto $\alpha\Omega$, limite dell'arco semidiurno, che verrà ottenuto per ribaltamento.

Questa costruzione non è altro in realtà che un orologio solare equatoriale *.

---

* L'orologio solare equatoriale od equinoziale ha il piano parallelo all'equatore celeste e lo stilo o gnomone parallelo all'asse del mondo.

Questo istrumento segna le ore in qualunque punto della terra a condizione di mettere lo stilo nel piano del meridiano ed inclinato di un angolo φ col piano orizzontale pari alla latitudine del luogo.

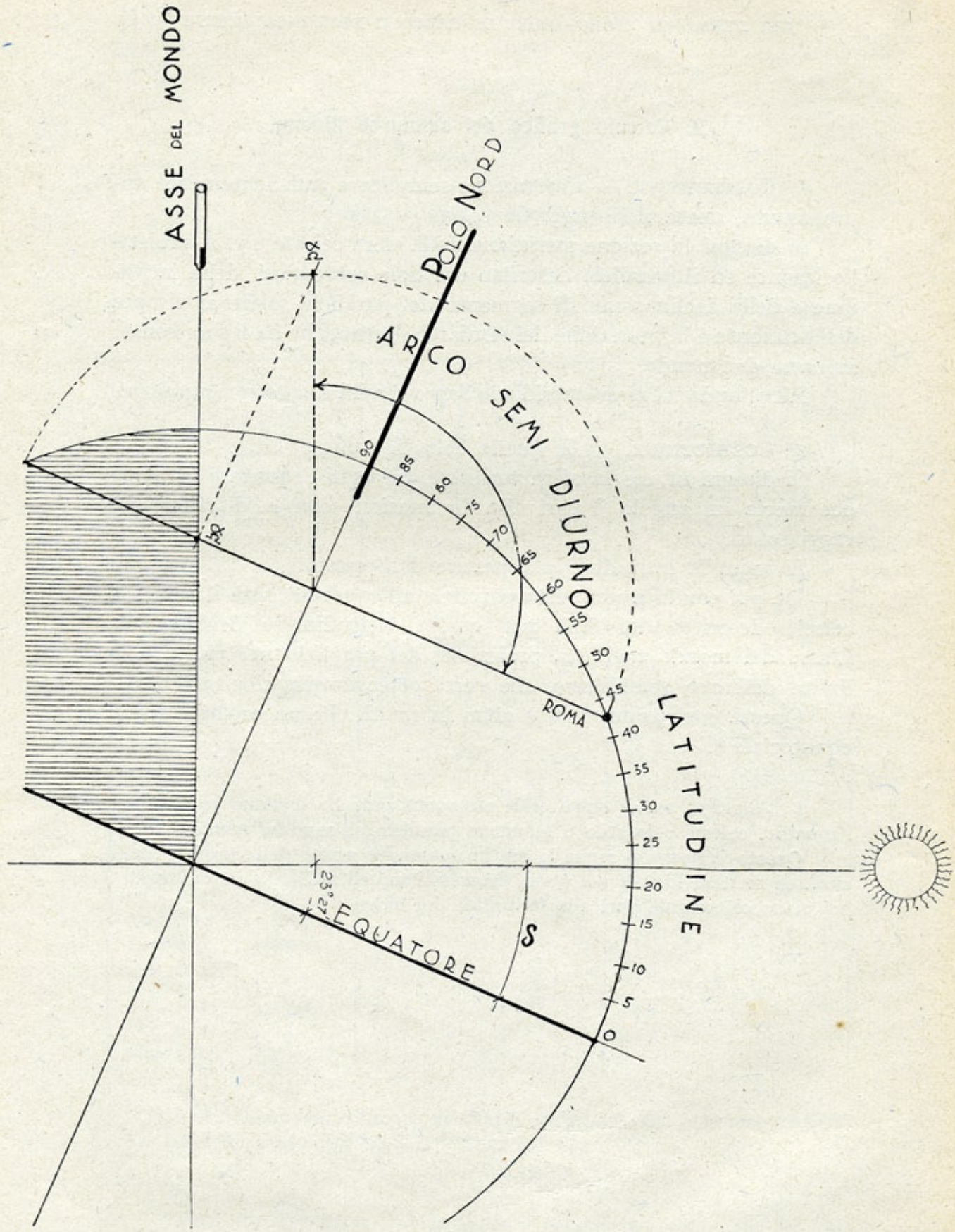


Fig. 66 – *Semiarco diurno* (Calcolo grafico).

ORA DEL LEVARE E TRAMONTO
DEL SOLE AI SOLSTIZI
(Tempo medio)

(massima e minima
durata del giorno)

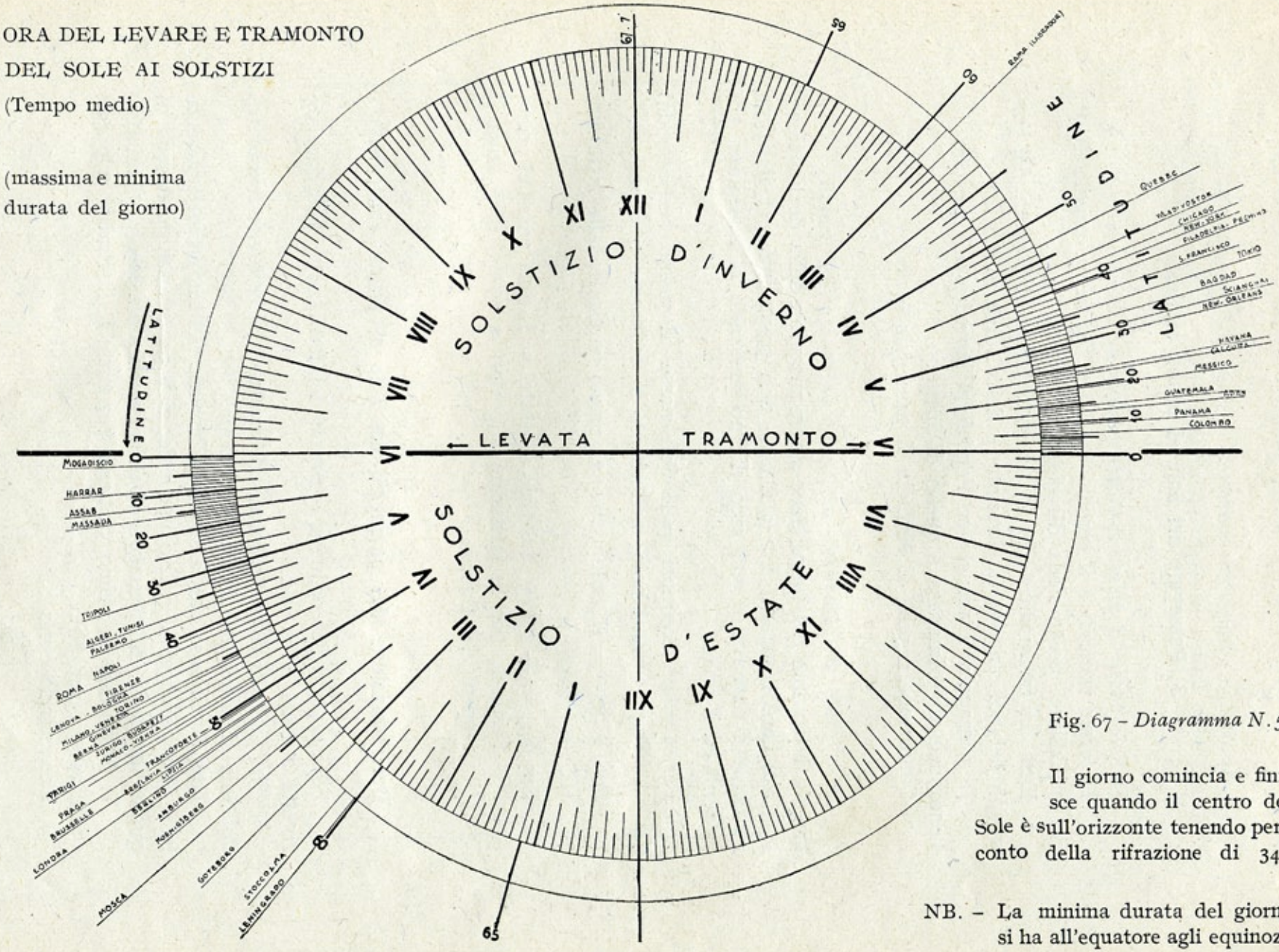


Fig. 67 – *Diagramma N. 5.*

Il giorno comincia e finisce quando il centro del Sole è sull'orizzonte tenendo però conto della rifrazione di 34′.

NB. – La minima durata del giorno si ha all'equatore agli equinozi.

3. Passaggio del Sole al primo verticale.

Il Sole passa al primo verticale quando ha azimut = 90°.

Il *primo verticale* è il cerchio verticale che fa un angolo di 90° col meridiano, posto nella direzione est-ovest.

Essa ha importanza per la determinazione dell'epoca del passaggio del Sole in questa direzione e dell'altezza relativa.

Il passaggio avviene per l'emisfero boreale, nel periodo fra l'equinozio di primavera e quello di autunno.

Condizione perchè si verifichi il passaggio è che:

$$\delta < \varphi$$

cioè la latitudine del luogo deve essere maggiore della declinazione.

Nel caso contrario $\delta > \varphi$ il Sole non passa mai per il primo verticale e descrive il suo arco diurno passando al meridiano tra lo zenit ed il polo.

Per $\delta = 0°$ (equinozi) = Il Sole passa al primo verticale dal l'equatore al polo, nell'attimo in cui sorge o tramonta.

Per $\delta > 0°$ = Il Sole passa al primo verticale dalle latitudini $\varphi > \delta$.

Per $\delta_{max} = +23°27'$ (solstizio d'estate) = Il Sole passa al primo verticale per le latitudini superiori a 23°27' cioè dopo il tropico del Cancro.

Determinazione del passaggio del Sole al primo verticale.

Essa serve a determinare la *durata* dell'insolazione delle facciate rivolte a nord ed a sud.

Una facciata rivolta a *nord* sarà insolata dal levare (e tramonto) del Sole al passaggio al primo verticale.

Una facciata rivolta a *sud* sarà insolata nel tempo intercorrente fra i due passaggi al primo verticale, cioè per un tempo doppio di quello che passa dal passaggio al primo verticale a quello meridiano.

Il Sole passa al primo verticale per tutte le latitudini solo agli equinozi (v. pag. 89).

Designando con: $t_{1°}$

il tempo del passaggio al primo verticale del Sole. La formula per determinare il tempo del passaggio del Sole al primo verticale è:

$$\cos t_{1^\circ} = \frac{\text{tang } \delta}{\text{tang } \varphi} \tag{20}$$

che ha valore per:

$$\delta < \varphi$$

nel caso di $\varphi = \delta$ si ha:

$$\begin{cases} \cos t_{1^\circ} = 1 \\ t_{1^\circ} = 0^h \end{cases}$$

TABELLA IX.

Epoca del passaggio al primo verticale del Sole.

(Emisfero nord).

Latitudine	EPOCA		$\varphi = \delta$	Latitudine	EPOCA		$\varphi = \delta$
o	dal	al	h_{max}	o	dal	al	h_{max}
0	Equinozio di primavera 21 Marzo	21 Marzo	90°	13	Equinozio di primavera 21 Marzo	24 »	90°
1		23 »		14		27 »	
2		25 »		15		30 »	
3		28 »		16		4 Maggio	
4		31 »		17		7 »	
5		3 Aprile		18		11 »	
6		5 »		19		15 »	
7		7 »		**20**		20 »	
8		11 »		21		25 »	
9		13 »		22		1 Giugno	
10		15 »		23		10 »	
11		19 »		23°27′		22 »	varia max
12		21 »		↓ 90		21 Settembre	

Applicazioni. — *Trovare il tempo del passaggio del Sole al primo verticale per Milano il giorno 13 Aprile 1938.*

Latitudine Milano $\varphi = 45^\circ 28'$ N

$\delta =$ declinazione del Sole

al 13 Aprile (dalla tabella III, pag. 30): $\delta = 8^\circ 54'$

$$\cos t_{1^\circ} = \frac{\text{tang } 8^\circ 54'}{\text{tang } 45^\circ 28'}$$

$t_{1^\circ} = 81^\circ 9' = 5^h\, 24^m.$

Perciò una facciata esposta a *sud* sarà insolata per ore:

$$t_{1^\circ} \times 2 = 10^h\, 48^m.$$

TABELLA X.

Angolo orario del Sole al suo passaggio al primo verticale.

Solstizio d'estate.

Emisfero Nord.

$$\cos t_{1^\circ} = \frac{\text{tang } \delta}{\text{tang } \varphi}; \; \delta = 23^\circ 27'$$

Il valore di cos t si inizia per $\varphi = +23^\circ 27'$. Per latitudini inferiori a δ il Sole non passa mai al primo verticale.

Per comodità del lettore t_{1° viene espresso in ore.

φ	h m	φ	h m	φ	h m	φ	h m
0	non passa al primo verticale	38	3 45	56	4 52	74	5 32
		39	3 49	57	4 54	75	5 33
		40	3 55	58	4 57	76	5 35
23°27		41	4 —	59	4 60	77	5 37
24	0 52	42	4 5	**60**	5 2	78	5 39
25	1 27	43	4 8	61	5 4	79	5 41
26	1 42	44	4 13	62	5 7	**80**	5 42
27	2 4	45	4 17	63	5 9	81	5 44
28	2 21	46	4 21	64	5 11	82	5 46
29	2 34	47	4 24	65	5 13	83	5 48
30	2 47	48	4 28	66	5 16	84	5 49
31	2 56	49	4 31	67	5 17	85	5 51
32	3 4	**50**	4 33	68	5 20	86	5 53
33	3 12	51	4 38	69	5 22	87	5 54
34	3 19	52	4 41	**70**	5 24	88	5 55
35	3 27	53	4 44	71	5 26	89	5 58
36	3 33	54	4 46	72	5 28	**90**	5 60
37	3 39	55	4 49	73	5 30		

Per calcolare la durata dell'insolazione mattutina di una facciata rivolta a *nord*, occorre prima determinare l'ora del levare del Sole,

cioè t_0 (i dati del problema sono quelli di pag. 89 (Milano, 13 Aprile):

$$\cos t_0 = -\operatorname{tang} \varphi \operatorname{tang} \delta = -\operatorname{tang} 8^\circ 54' \operatorname{tang} 45^\circ 28'$$
$$t_1 = 99^\circ 9'$$
$$t_0 = 6^h\, 36^m \text{ siderale, pari a } 6^h\, 37^m \text{ solare medio}$$

Da questa bisogna dedurre il tempo intercorrente al passaggio al primo verticale per avere l'insolazione della facciata nord:

$$6^h\, 37^m - 5^h\, 24^m = 13^h\, 1^m.$$

Cioè la facciata è insolata per $2^h\, 26^m$ giornaliere.

Infatti essendo le esposizioni nord sud opposte e parallele, sono complementari; l'insolazione di quella sud ($10^h\, 48^m$) aggiunta a quella nord ($2^h\, 26^m$) dà l'insolazione totale giornaliera già calcolata di ore $(6^h\, 37^m) \times 2 = 13^h\, 14^m$.

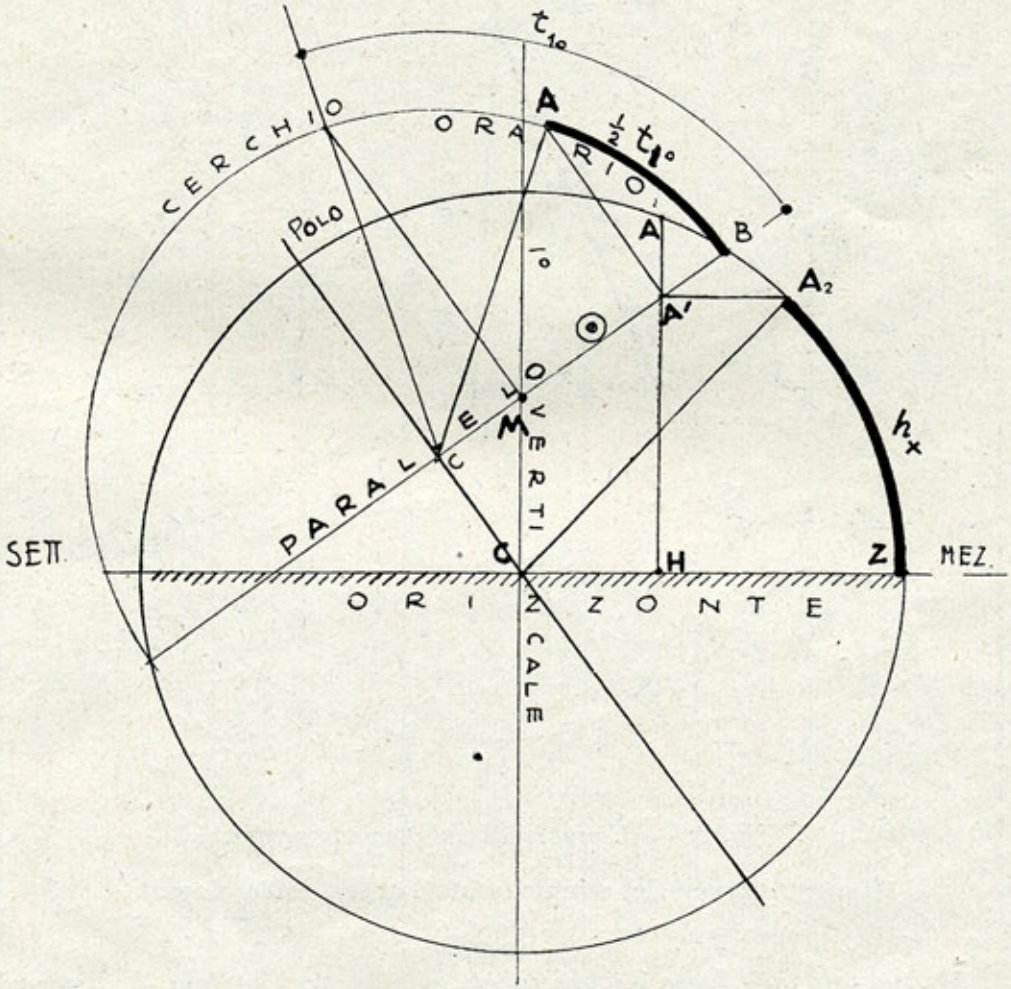


Fig. 68 – *Calcolo grafico dell'altezza media del Sole per una parete rivolta a sud.*

PROBLEMA. — *Dato l'angolo orario* ($t_{1°}$) *al passaggio del primo verticale, la declinazione* (δ), *la latitudine* (φ), *trovare l'altezza* (h_s) *per un angolo orario* $\frac{1}{2}\, t_{1°}$.

La risoluzione grafica (fig. 68) è utile per trovare l'inclinazione media dei raggi solari per una parete rivolta a sud.

Si disegni la sezione meridiana della sfera celeste, segnandovi l'orizzonte, il parallelo solare, l'angolo orario al primo verticale.

Si dimezzi questo ultimo in A e si proietti in A_1 sulla traccia del parallelo, indi si proietti A_1 in A_2.

L'arco $A_2\, Z = h_s$ è l'altezza cercata.

Per calcolare l'azimut relativo vedi *calcolo grafico dell'azimut* a pag. 101.

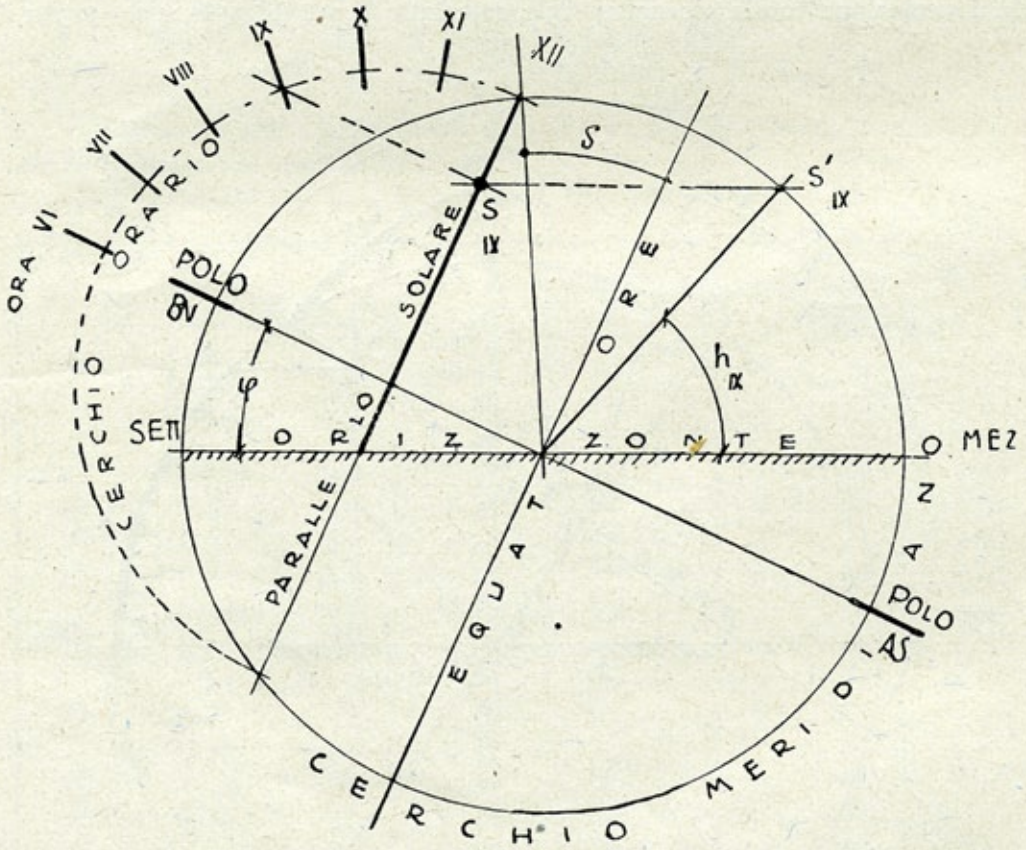


Fig. 69 – *Esempio di calcolazione grafica*

(La graduazione del cerchio orario è quella dall'orologio).

PROBLEMA. — *Data la latitudine* φ *e la declinazione* δ, *determinare nella sezione meridiana, per una data ora, la posizione del Sole.*

Si disegni la sezione meridiana, con il polo celeste alto sull'orizzonte di un angolo pari alla latitudine φ. Si tracci la proiezione dell'equatore celeste e del parallelo solare di declinazione δ.

Si ribalti il parallelo solare, cioè si segni il cerchio orario e su di esso l'ora stabilita (nella figura le IX). Si proietti l'ora (IX)

TABELLA XI.

Trasformazione delle misure di arco (gradi sessagesimali) in tempo.

Gradi						Minuti			
°	h m	°	h m	°	h m	′	m s	′	m s
0°	0^h 0	31	2 4	61	4	**0′**	$0^m 0^s$	31	4
1	4	32	8	62	4 8	1	4	32	8
2	8	33	12	63	12	2	8	33	12
3	12	34	16	64	16	3	12	34	16
4	16	35	20	65	20	4	16	35	20
5	20	36	24	66	24	5	20	36	24
6	24	37	28	67	28	6	24	37	28
7	28	38	32	68	32	7	28	38	32
8	32	39	36	69	36	8	32	39	36
9	36					9	36		
10°	40	**40°**	40	**70°**	40	**10′**	40	**40′**	40
11	44	41	44	71	44	11	44	41	44
12	48	42	48	72	48	12	48	42	48
13	52	43	52	73	52	13	52	43	52
14	56	44	56	74	56	14	56	44	56
15	1^h 0	45	3^h 0	75	5^h 0	15	$1^m 0$	45	0
16	4	46	4	76	4	16	4	46	4
17	8	47	8	77	8	17	8	47	8
18	12	48	12	78	12	18	12	48	12
19	16	49	16	79	16	19	16	49	16
20°	20	**50°**	$3^h 20$	**80°**	20	**20′**	20	**50′**	20
21	24	51	24	81	24	21	24	51	24
22	28	52	28	82	28	22	28	52	28
23	32	53	32	83	32	23	32	53	32
24	36	54	36	84	36	24	36	54	36
25	$1^h 40$	55	40	85	40	25	40	55	40
26	44	56	44	86	44	26	44	56	44
27	48	57	48	87	48	27	48	57	48
28	52	58	52	88	52	28	52	58	52
29	56	59	56	89	56	29	56	59	56
30°	2^h 0	**60°**	4^h 0	**90°**	$6^h 0$	**30′**	$2^m 0$	**60′**	$4^m 0$

sul parallelo solare, la proiezione (S_{XI}) sarà la posizione del Sole cercata. Da essa si ricava l'altezza h_{XI} proiettandola sul cerchio meridiano.

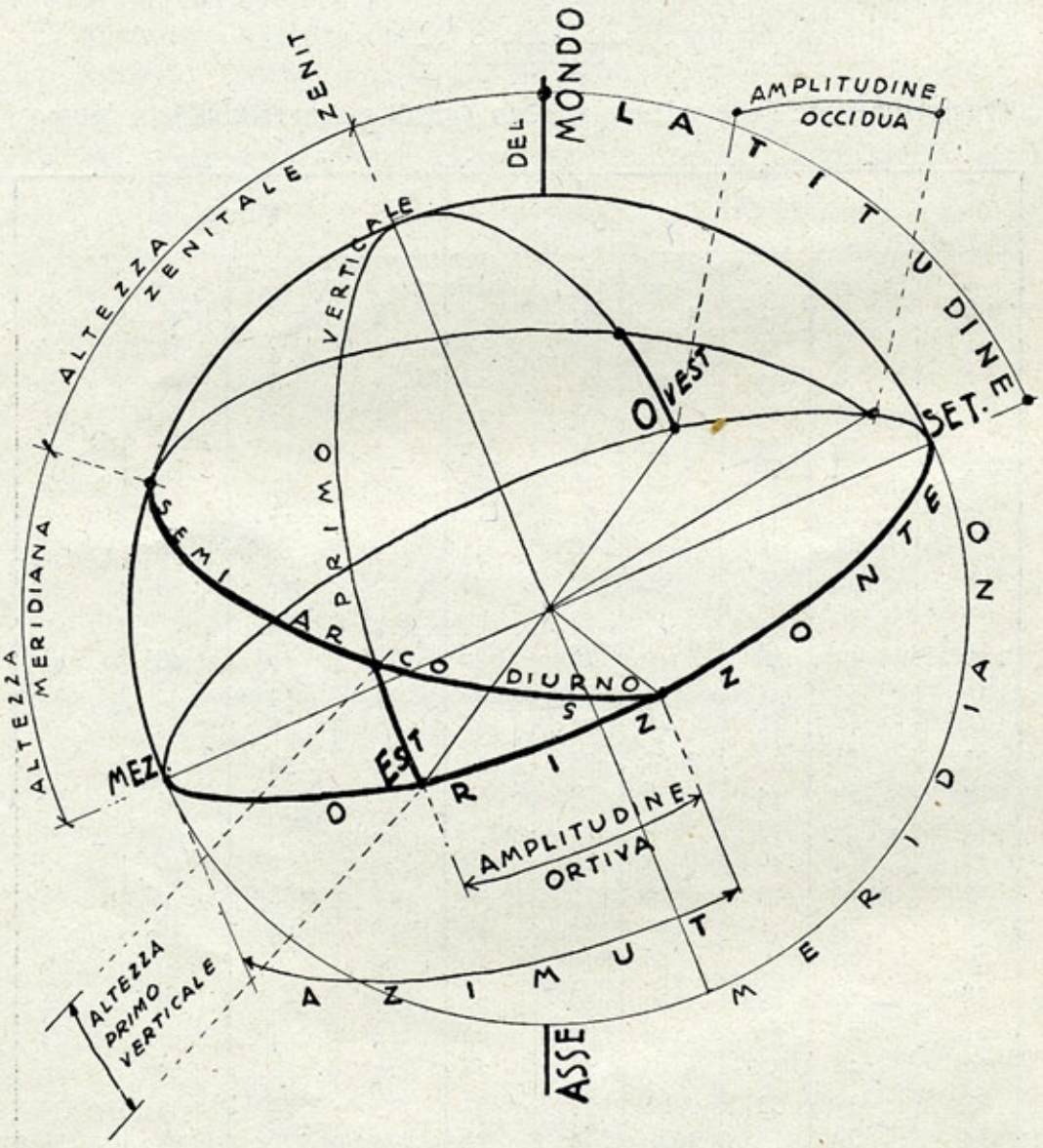


Fig. 70 – *Schema riassuntivo delle coordinate sferiche celesti e terrestri.*

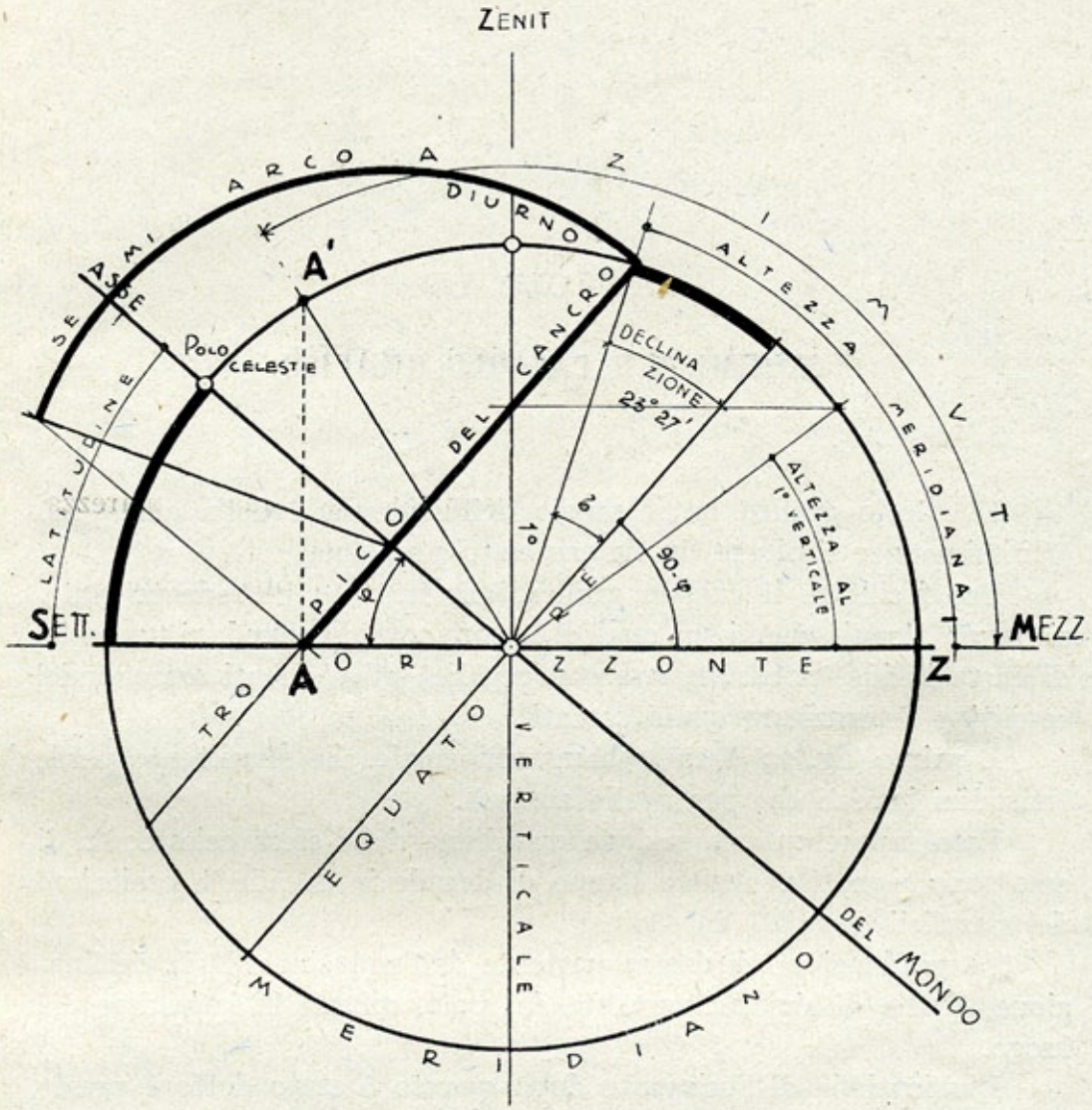


Fig. 71 – *Riassunto grafico delle coordinate sferiche celesti e terrestri* (Solstizio d'estate).

NB. – Da questo grafico si deducono le relazioni fra le varie coordinate terrestri e celesti.