

Il globo celeste

di Valerio Versari

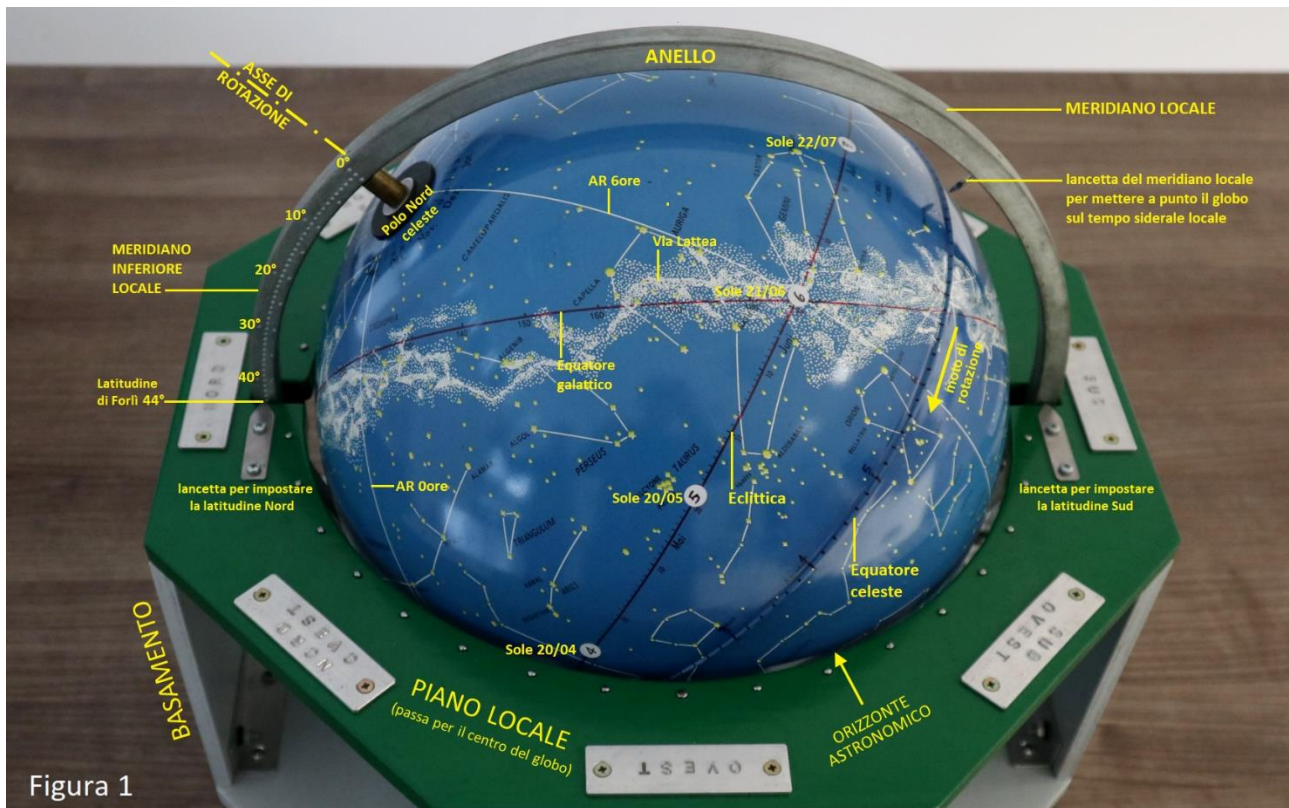


Figura 1

Il globo celeste (\varnothing 30cm) che vediamo nella foto (figura 1) è un prodotto commerciale edito dalla Nova Rico di Firenze nel 1978. Originariamente era montato sullo stesso supporto inclinato tipico dei mappamondi. Ora invece alloggia nella montatura della foto, che ho potuto realizzare grazie all'aiuto di un bravo fabbro che con una calandra ha fatto l'anello di ferro, di un tornitore che ha fatto il perno, i tappi e i distanziatori (dettaglio nella figura 2) e di mio babbo che ha verniciato il basamento. Così è diventato un modello del cielo, un planetario da tavolo. Come vedremo, riproduce il cielo per qualsiasi località della Terra, e per qualsiasi data e ora. Per la precessione degli equinozi il punto gamma fa un giro intero all'indietro lungo l'eclittica in circa 26mila anni, per cui ogni 50 o 100 anni sarebbe meglio avere un globo celeste nuovo con la posizione delle stelle ridefinita o aggiornata.

Sul globo è rappresentata la sfera celeste: le 88 costellazioni, l'equatore celeste (suddiviso in 24ore di AR, a loro volta in 6 parti di 10minuti), polo Nord e polo Sud celesti, l'eclittica con la posizione del Sole giorno per giorno, la via lattea con l'equatore galattico. Il globo è libero di ruotare intorno al suo asse, un perno fissato diametralmente nell'anello con due viti. Il centro del globo coincide con il centro dell'anello. L'anello è sostenuto da tre guide fissate nel basamento che gli consentono solo di poter ruotare intorno al suo centro. Ruotando l'anello possiamo regolare l'inclinazione dell'asse rispetto al piano locale, dell'angolo pari alla latitudine locale: Nord all'orizzonte Nord, Sud

all'orizzonte Sud. Il piano locale è il piano tangente alla Terra nel punto dove si trova la località. Nel modello l'osservatore è al centro del globo. Il piano locale con tutti i suoi riferimenti (punti cardinali e azimuth ogni 10°) è riportato esternamente intorno al globo. L'anello oltre che da supporto, si presta bene a fare da meridiano celeste: a) meridiano superiore, o semplicemente meridiano, è la metà dell'anello, da polo a polo, con al centro la lancetta del meridiano; b) meridiano inferiore è l'altra metà dell'anello, quella graduata da polo a polo, che sta maggiormente sotto il piano locale (figura 2).

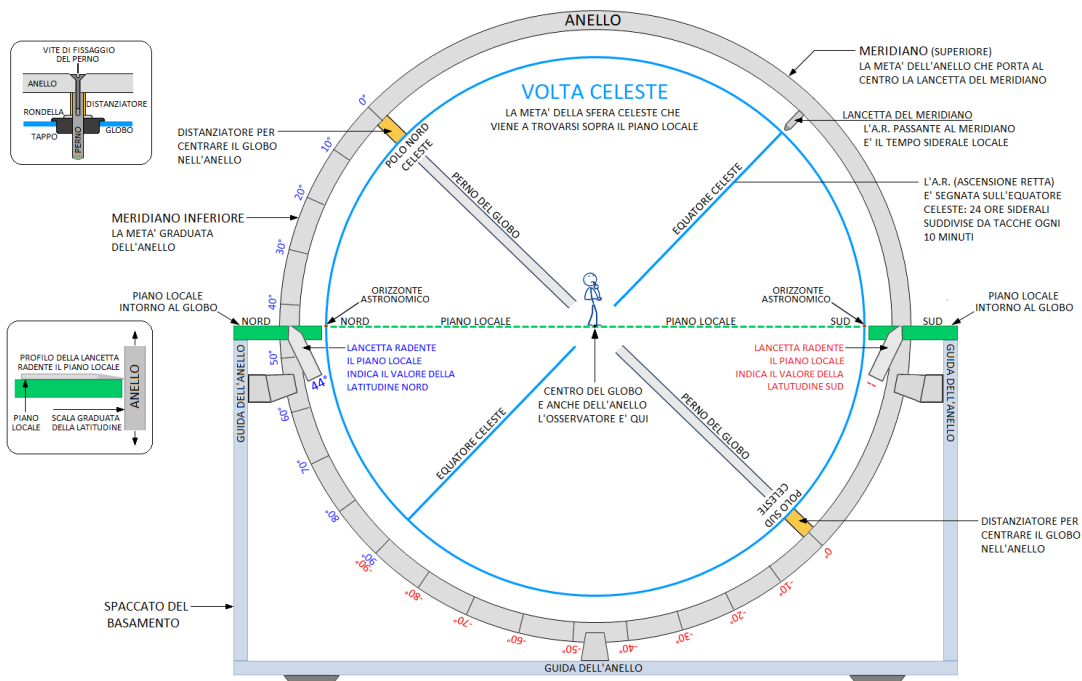


Figura 2

Longitude locale data e ora combinate insieme determinano il tempo siderale locale. Si può impostare il calcolo del tempo siderale locale su foglio elettronico, poi inserendo di volta in volta longitude data e ora ci darà il tempo siderale locale preciso. Anche un semplice strumento, un regolo circolare chiamato orologio siderale ci dà il tempo siderale locale, non preciso come con il calcolo, ma accettabile per il globo celeste. L'orologio siderale (figura 3) direi che è il complemento perfetto per il globo celeste. Rimando al mio articolo "Un orologio siderale" dedicato a questo strumento. Con il tempo siderale locale possiamo mettere a punto il globo come se fosse un orologio: facciamo ruotare l'equatore celeste (il quadrante mobile con le 24 ore di ascensione retta o AR) fino a quando la lancetta del meridiano (la lancetta fissa) indica il valore del tempo siderale locale ricercato. Con solo due regolazioni, la prima ruotando l'anello (per la latitudine locale) e la seconda, perpendicolare alla prima, ruotando il globo (per la longitude locale, la data e l'ora), abbiamo individuato quella metà della sfera celeste che è la volta celeste della località prescelta, alla data e ora prescelte.

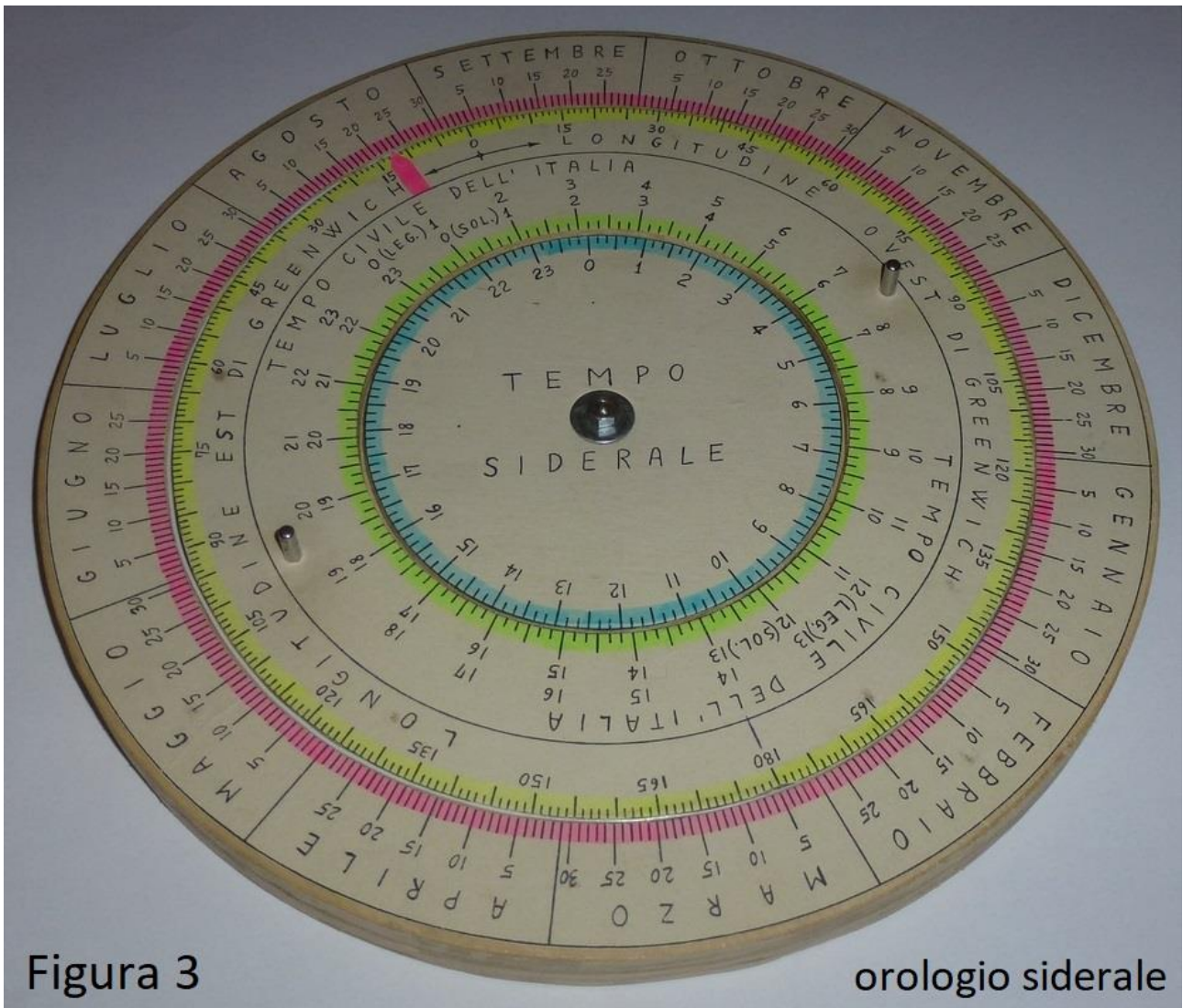


Figura 3

orologio siderale

Ogni località poggia sulla superficie del pianeta Terra che ruota su se stesso e orbita intorno al Sole. Come possiamo allora essere sempre al centro della sfera celeste se siamo su una “giostra celeste” che ci fa ruotare e orbitare nello spazio mandandoci a destra e a manca a distanze astronomiche? La sfera celeste è una sfera ipotetica di raggio indeterminato, ma praticamente infinito, al suo confronto le dimensioni della Terra e della sua orbita intorno al Sole sono assolutamente trascurabili, praticamente puntiformi. Ruotiamo e orbitiamo ad una distanza pari a zero dal centro della sfera celeste.

Guardiamo la figura 1 per esaminare la geometria astronomica che il modello riproduce. Sono presenti una retta e 5 piani che intersecano la sfera celeste: 1) l’asse di rotazione della sfera celeste, è l’asse di rotazione terrestre che prolungato all’infinito interseca la sfera celeste nei poli celesti Nord e Sud; 2) l’equatore celeste, generato dal piano dell’equatore terrestre che esteso all’infinito interseca la sfera celeste; 3) l’eclittica, generata dal piano dell’orbita della Terra intorno al Sole che esteso all’infinito interseca la sfera celeste; 4) la via lattea (la nostra galassia) con il suo piano equatoriale che esteso all’infinito interseca la sfera celeste generando l’equatore galattico; 5) l’orizzonte astronomico, generato dal piano locale che esteso all’infinito

interseca la sfera celeste; 6) il meridiano celeste (rappresentato dall'anello), generato dal piano del meridiano locale (il piano verticale passante per l'asse terrestre e la località), che esteso all'infinito interseca la sfera celeste.

L'asse di rotazione del globo:

1) è chiaramente lo stesso asse dell'equatore celeste per cui la rotazione del globo fa ruotare l'equatore celeste liscio nel suo stesso piano.

2) rispetto all'asse dell'eclittica è inclinato di $23,436^\circ$ per cui la rotazione del globo fa ondeggiare l'eclittica con un'ampiezza di $23,436^\circ$ intorno all'equatore celeste, per un osservatore si può anche dire intorno ai suoi riferimenti locali Ovest \rightarrow mezzocielo \rightarrow Est (figura 4).

3) rispetto all'asse dell'equatore galattico è inclinato di 62° per cui la rotazione del globo fa ondeggiare l'equatore galattico con un'ampiezza di ben 62° intorno all'equatore celeste.

Sul globo celeste possiamo osservare bene la curiosa evoluzione dell'eclittica e quella molto movimentata della via lattea, sulla volta celeste e sul piano locale di Forlì. L'evoluzione della via lattea l'ho descritta seguendo i passaggi dove l'equatore galattico si trova a passare per due punti cardinali opposti o anche allo zenit (tabella 1). Questi passaggi non avvengono per un sol giorno, ma si ripetono per alcuni giorni prima e dopo quando il tempo siderale è sempre quello riportato nella tabella: per ogni giorno antecedente 3min 56sec dopo le ore 22, l'inverso per ogni giorno successivo.

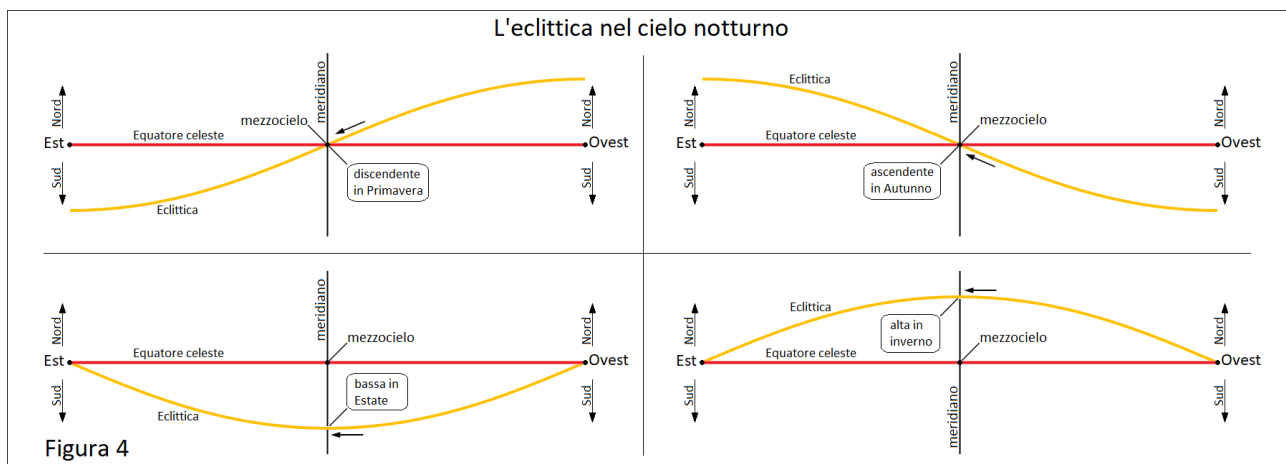
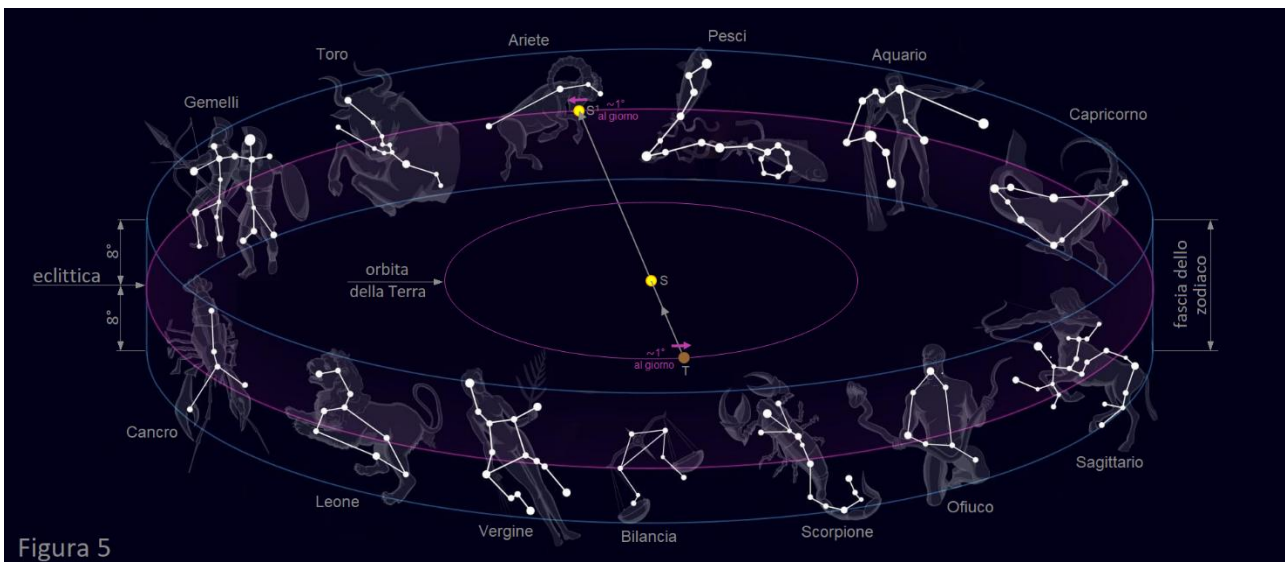


Figura 4

TABELLA 1				
data (2022)	ora solare	ora legale	tempo siderale	evoluzione della via lattea sul piano locale di Forlì (il riferimento preciso è l'equatore galattico)
6 gen	22:00	23:00	04:54	da ~Sud-Est a ~Nord-Ovest passando per lo zenit (Auriga)
9 mar	22:00	23:00	08:58	da Sud a Nord inclinata verso Ovest (Auriga)
7 mag	22:00	23:00	12:51	invisibile, di poco sopra l'orizzonte verso Nord (Cassiopea)
6 lug	22:00	23:00	16:47	da Sud a Nord inclinata verso Est (Cigno)
6 set	22:00	23:00	20:52	da ~Sud-Ovest a ~Nord-Est passando per lo zenit (Cigno)
6 nov	22:00	23:00	00:52	da Est a Ovest un po' inclinata verso Nord (Cassiopea)

L'eclittica è il percorso annuale del Sole sulla sfera celeste (figura 5). Al centro della figura 5 c'è il Sole con la Terra che percorre la sua orbita ellittica intorno ad esso in un anno (rivoluzione). Questa orbita giace su un piano che passa per il centro del Sole e che esteso all'infinito interseca la sfera celeste generando l'eclittica. L'orbita della Terra è ellittica, l'eclittica invece è circolare perché è una sezione della sfera celeste, tra l'altro è anche un cerchio massimo. La Terra è in T e il Sole in S, quindi vediamo il Sole in direzione $T \rightarrow S$. Noi percepiamo visivamente le dimensioni del Sole, possiamo misurare il suo diametro angolare e troviamo che è $0,53^\circ$ (come una moneta da 1Euro a 2,5m), ma la sua distanza non la possiamo percepire visivamente, né misurare facilmente. È così per tutti gli astri, Luna, Sole, pianeti, stelle, non percepiamo la loro distanza per cui li poniamo tutti alla stessa distanza sulla sfera celeste. Il Sole così finisce in S^1 sull'eclittica. Sulla sfera celeste le stelle sono fisse mentre la Luna il Sole e i pianeti si muovono.



La Terra percorre i 360° della sua orbita in 365,25giorni, quindi circa 1° al giorno (mediamente $0,9856^\circ$). Di conseguenza osserviamo il Sole percorrere l'eclittica con lo stesso passo. Teniamo presente che rispetto alla sfera celeste l'orbita della Terra è praticamente puntiforme, quindi la parte centrale della figura con il Sole e la Terra è concentrata in un punto. La fascia della sfera celeste larga 16° , 8° sopra e 8° sotto l'eclittica, è la fascia dello zodiaco. La Luna e i pianeti transitano all'interno di questa fascia, mentre il Sole transita sull'eclittica che è la linea centrale della fascia.

Nella figura 1 si vede il tratto di eclittica che va da poco prima del 20 aprile a poco dopo il 22 luglio. Ci sono le tacche fitte relative ai giorni dell'anno che distano tra loro circa 1° . Lungo l'eclittica ho apposto delle piccole etichette tonde (\varnothing 8mm) con i numeri dei mesi da 1 a 12 che rappresentano il Sole in 12 punti distanziati tra loro di 30° (0° , 30° , 60° , 90° , ... 330°). Sono posizionate intorno al 21 di ogni mese, quelle di marzo (3) e di settembre (9) coincidono con gli equinozi (longitudine eclittica 0° e 180°), quelle di giugno (6) e di dicembre (12) con i solstizi (longitudine eclittica 90° e 270°). Il

diametro apparente del Sole ($0,53^\circ$) sul globo sarebbe $\varnothing 1,4\text{mm}$ (la sezione di uno stuzzicadenti è $\varnothing 2\text{mm}$). Così sappiamo bene che il Sole è molto più piccolo delle etichette che lo rappresentano. Vediamo i dati della tabella 2.

TABELLA 2									
Etichette del Sole	Data	Longit. eclittica gradi	Ascensione Retta (AR) hh:mm:ss	Ascensione Retta (AR) gradi	Declinaz. gradi	Declinaz. %	Forlì latitudine 44° Nord		
							Altezza culminazione gradi	TS tramonto geometrico hh:mm	direz. tram. geom. Sud←Ovest→Nord gradi
③	20 marzo	0	00:00:00	0,000	0,000	0,00%	46,000	06:00	Ovest 0,00
④	19-20 aprile	30	01:51:39	27,911	11,470	48,94%	57,470	08:37	Nord→ 16,05
⑤	20-21 maggio	60	03:51:17	57,819	20,148	85,97%	66,148	11:14	Nord→ 28,61
⑥	21 giugno	90	06:00:00	90,000	23,436	100,00%	69,436	13:39	Nord→ 33,57
⑦	22 luglio	120	08:08:43	122,181	20,148	85,97%	66,148	15:32	Nord→ 28,61
⑧	22-23 agosto	150	10:08:21	152,089	11,470	48,94%	57,470	16:54	Nord→ 16,05
⑨	22-23 settembre	180	12:00:00	180,000	0,000	0,00%	46,000	18:00	Ovest 0,00
⑩	23 ottobre	210	13:51:39	207,911	-11,470	-48,94%	34,530	19:06	←Sud 16,05
⑪	22 novembre	240	15:51:17	237,819	-20,148	-85,97%	25,852	20:28	←Sud 28,61
⑫	21-22 dicembre	270	18:00:00	270,000	-23,436	-100,00%	22,564	22:21	←Sud 33,57
①	20 gennaio	300	20:08:43	302,181	-20,148	-85,97%	25,852	00:46	←Sud 28,61
②	18-19 febbraio	330	22:08:21	332,089	-11,470	-48,94%	34,530	03:23	←Sud 16,05

La ③ è sul punto gamma, dove l'eclittica in fase ascendente incrocia l'equatore celeste. È l'origine del sistema di riferimento equatoriale (AR 0h) e del sistema di riferimento eclittico (longitudine eclittica 0°). La declinazione si misura dall'equatore celeste verso i poli. La ③ si trova sull'equatore celeste, declinazione 0° , 0% del valore massimo che è $23,436^\circ$. Le ultime tre colonne sono relative alla località di Forlì e riportano: 1) la massima altezza del Sole sull'orizzonte che viene raggiunta nella culminazione al meridiano (colatitudine \pm declinazione); 2) il tempo siderale indicato dalla lancetta del meridiano al momento del tramonto geometrico (TS = AR + angolo orario); 3) l'angolo verso \uparrow Nord o verso \downarrow Sud rispetto alla linea Ovest \leftrightarrow Est dei punti della levata e del tramonto geometrici del Sole, per l'etichetta ③ 0° quindi esattamente Ovest e Est, per la ④ ad esempio $16,05^\circ$ verso Nord sia da Ovest che da Est. La levata e il tramonto geometrici sono relativi al centro del disco solare e senza rifrazione atmosferica: il miglior riferimento per il globo celeste. La rifrazione atmosferica sul globo celeste non è molto rilevante dato che solleva il Sole all'orizzonte astronomico di una quantità circa pari il suo diametro apparente, quindi $1,4\text{mm}$. Le formule le ho prese da "Astronomia con il computer" di Jean Meeus, Hoepli 1990.

Quanto concorda il globo celeste con i dati del tramonto a Forlì? Ovviamente ho fatto solo una verifica visiva, non ai centesimi di grado. Ho regolato la latitudine a 44° Nord, poi per l'etichetta ③ il tempo siderale TS 06:00 e così il centro della ③ si è venuto a trovare pari all'orizzonte esattamente a Ovest. Lo stesso per le altre 11 etichette, il loro centro si è venuto a trovare pari all'orizzonte nei punti indicati nella tabella. Ho continuato la verifica con i dati della tabella 3 che riporta le latitudini Nord ogni 10° . Per ogni latitudine i centri

delle 12 etichette, come per magia, si sono sempre venuti a trovare pari all'orizzonte nel tempo siderale (TS) e nei punti indicati nella tabella, a parte la zona polare dove sono sempre sopra o sempre sotto l'orizzonte.

TABELLA 3																								
Etichette del Sole	Data	Long eclitt gradi	Declina zione gradi	Tempo siderale al tramonto geometrico del centro del disco solare gradi										Escursione da Ovest↔Est verso Nord↑ o verso Sud↓ dei punti di levata e tramonto geometrici del centro del disco solare gradi										
				Equatore										Equatore										
				Latitudini Nord					Polo Nord					Latitudini Nord					Polo Nord					
				0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	
③	20 marzo	0	0,000	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00
④	19-20 aprile	30	11,470	07:51	07:59	08:08	08:18	08:30	08:47	09:13	10:07	//	//	↑N	11,47	11,65	12,22	13,28	15,05	18,02	23,44	35,55	sempre sopra	sempre sopra
⑤	20-21 maggio	60	20,148	09:51	10:06	10:21	10:40	11:03	11:34	12:29	//	//	//	↑N	20,15	20,47	21,50	23,44	26,72	32,40	43,54	sempre sopra	sempre sopra	sempre sopra
⑥	21 giugno	90	23,436	12:00	12:17	12:36	12:57	13:25	14:04	15:14	//	//	//	↑N	23,44	23,82	25,04	27,34	31,28	38,22	52,70	sempre sopra	sempre sopra	sempre sopra
⑦	22 luglio	120	20,148	14:08	14:23	14:39	14:57	15:20	15:52	16:46	//	//	//	↑N	20,15	20,47	21,50	23,44	26,72	32,40	43,54	sempre sopra	sempre sopra	sempre sopra
⑧	22-23 agosto	150	11,470	16:08	16:16	16:25	16:35	16:47	17:04	17:30	18:23	//	//	↑N	11,47	11,65	12,22	13,28	15,05	18,02	23,44	35,55	sempre sopra	sempre sopra
⑨	22-23 settembre	180	0,000	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	//	O↔E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
⑩	23 ottobre	210	-11,470	19:51	19:43	19:34	19:24	19:12	18:55	18:29	17:36	//	//	↓S	11,47	11,65	12,22	13,28	15,05	18,02	23,44	35,55	sempre sotto	sempre sotto
⑪	22 novembre	240	-20,148	21:51	21:36	21:20	21:02	20:39	20:07	19:13	//	//	//	↓S	20,15	20,47	21,50	23,44	26,72	32,40	43,54	sempre sotto	sempre sotto	sempre sotto
⑫	21-22 dicembre	270	-23,436	00:00	23:42	23:23	23:02	22:34	21:55	20:45	//	//	//	↓S	23,44	23,82	25,04	27,34	31,28	38,22	52,70	sempre sotto	sempre sotto	sempre sotto
①	20 gennaio	300	-20,148	02:08	01:53	01:38	01:19	00:57	00:25	23:30	//	//	//	↓S	20,15	20,47	21,50	23,44	26,72	32,40	43,54	sempre sotto	sempre sotto	sempre sotto
②	18-19 febbraio	330	-11,470	04:08	04:00	03:51	03:41	03:29	03:12	02:46	01:52	//	//	↓S	11,47	11,65	12,22	13,28	15,05	18,02	23,44	35,55	sempre sotto	sempre sotto

TABELLA 4												
Latitudini Italia	Durata del giorno dalla levata al tramonto geometrici e incremento dovuto alla rifrazione atmosferica											
	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	①	②
35	12:00:00 00:08:08	13:05:21 00:08:24	13:59:05 00:08:59	14:21:21 00:09:20	13:59:05 00:08:59	13:05:21 00:08:24	12:00:00 00:08:08	10:54:39 00:08:23	10:00:55 00:08:57	09:38:39 00:09:17	10:00:55 00:08:57	10:54:39 00:08:23
36	12:00:00 00:08:14	13:07:49 00:08:31	14:03:41 00:09:08	14:26:52 00:09:30	14:03:41 00:09:08	13:07:49 00:08:31	12:00:00 00:08:14	10:52:11 00:08:29	09:56:19 00:09:05	09:33:08 00:09:26	09:56:19 00:09:05	10:52:11 00:08:29
37	12:00:00 00:08:21	13:10:22 00:08:38	14:08:24 00:09:17	14:32:32 00:09:40	14:08:24 00:09:17	13:10:22 00:08:38	12:00:00 00:08:21	10:49:38 00:08:36	09:51:36 00:09:13	09:27:28 00:09:35	09:51:36 00:09:13	10:49:38 00:08:36
38	12:00:00 00:08:27	13:12:58 00:08:45	14:13:15 00:09:26	14:38:22 00:09:50	14:13:15 00:09:26	13:12:58 00:08:45	12:00:00 00:08:27	10:47:02 00:08:44	09:46:45 00:09:23	09:21:38 00:09:46	09:46:45 00:09:23	10:47:02 00:08:44
39	12:00:00 00:08:35	13:15:40 00:08:53	14:18:16 00:09:36	14:44:24 00:10:01	14:18:16 00:09:36	13:15:40 00:08:53	12:00:00 00:08:35	10:44:20 00:08:51	09:41:44 00:09:32	09:15:36 00:09:57	09:41:44 00:09:32	10:44:20 00:08:51
40	12:00:00 00:08:42	13:18:26 00:09:01	14:23:26 00:09:46	14:50:38 00:10:13	14:23:26 00:09:46	13:18:26 00:09:01	12:00:00 00:08:42	10:41:34 00:09:00	09:36:34 00:09:42	09:09:22 00:10:08	09:36:34 00:09:42	10:41:34 00:09:00
41	12:00:00 00:08:50	13:21:17 00:09:10	14:28:47 00:09:58	14:57:06 00:10:26	14:28:47 00:09:58	13:21:17 00:09:10	12:00:00 00:08:50	10:38:43 00:09:08	09:31:13 00:09:53	09:02:54 00:10:21	09:31:13 00:09:53	10:38:43 00:09:08
42	12:00:00 00:08:58	13:24:13 00:09:20	14:34:19 00:10:10	15:03:47 00:10:40	14:34:19 00:10:10	13:24:13 00:09:20	12:00:00 00:08:58	10:35:47 00:09:17	09:25:41 00:10:05	08:56:13 00:10:34	09:25:41 00:10:05	10:35:47 00:09:17
43	12:00:00 00:09:07	13:27:16 00:09:29	14:40:03 00:10:22	15:10:45 00:10:55	14:40:03 00:10:22	13:27:16 00:09:29	12:00:00 00:09:07	10:32:44 00:09:27	09:19:57 00:10:17	08:49:15 00:10:48	09:19:57 00:10:17	10:32:44 00:09:27
44	12:00:00 00:09:16	13:30:24 00:09:40	14:46:00 00:10:36	15:17:59 00:11:11	14:46:00 00:10:36	13:30:24 00:09:40	12:00:00 00:09:16	10:29:36 00:09:37	09:14:00 00:10:31	08:42:01 00:11:04	09:14:00 00:10:31	10:29:36 00:09:37
45	12:00:00 00:09:26	13:33:40 00:09:51	14:52:11 00:10:51	15:25:31 00:11:28	14:52:11 00:10:51	13:33:40 00:09:51	12:00:00 00:09:26	10:26:20 00:09:48	09:07:49 00:10:45	08:34:29 00:11:20	09:07:49 00:10:45	10:26:20 00:09:48
46	12:00:00 00:09:36	13:37:02 00:10:02	14:58:38 00:11:06	15:33:23 00:11:47	14:58:38 00:11:06	13:37:02 00:10:02	12:00:00 00:09:36	10:22:58 00:09:59	09:01:22 00:11:00	08:26:37 00:11:38	09:01:22 00:11:00	10:22:58 00:09:59
47	12:00:00 00:09:46	13:40:33 00:10:15	15:05:21 00:11:23	15:41:36 00:12:07	15:05:21 00:11:23	13:40:33 00:10:15	12:00:00 00:09:46	10:19:27 00:10:12	08:54:39 00:11:16	08:18:24 00:11:57	08:54:39 00:11:16	10:19:27 00:10:12

La tabella 4 riporta la durata del giorno dalla levata al tramonto geometrici. Nella riga gialla c'è l'incremento della durata del giorno dovuto alla rifrazione atmosferica che anticipa la levata e ritarda il tramonto, in aggiunta c'è il fatto

che levata e tramonto vengono riferiti al lembo superiore del disco solare anziché al centro come nella levata e tramonto geometrici.

Le 12 etichette, posizionate sulle longitudini eclittiche 0° - 30° - 60° ... 330°, sono ferme sulla sfera celeste mentre il Sole come abbiamo visto si sposta di circa 1° al giorno (1° equivale a 4 minuti). Per le etichette (ferme) tempo siderale e tempo solare (il tempo civile che segnano i nostri orologi) non si differenziano. Questa ipotetica situazione è solo leggermente diversa da quella reale. Leggiamo il valore del tempo siderale quando una qualsiasi etichetta è alla levata e poi quando la stessa è al tramonto, facendo la differenza troviamo che ad esempio la durata del giorno geometrico agli equinozi è di 12 ore siderali e di 12 ore solari. Con il Sole che si sposta di circa 1° al giorno sono invece 12 ore e 2 min circa siderali e 12 ore solari, sia dalla levata al tramonto (di) che dal tramonto alla levata (notte).

Riproduciamo il cielo serale di Forlì delle ore 22 solari (ore 23 legali da aprile a ottobre) del giorno 15 di ogni mese per vedere come cambia il cielo stellato mese dopo mese. Mentre il tempo civile o solare è allineato al Sole (medio), il tempo siderale locale come vediamo nella tabella 5 avanza di due ore al mese: poco più se di 31 giorni, poco meno se di 30. Per riprodurre il cielo di Forlì alle ore 22 (solari) regoliamo il tempo siderale con i valori della colonna delle ore 22:00 evidenziata in giallo. Il 15 gennaio il cielo ha l'AR 05:29 al meridiano; il 15 febbraio l'AR 07:32; il 15 marzo l'AR 09:22, e così via. Ho scelto le ore 22 solari perché a quell'ora il Sole si trova a sole due ore dal meridiano inferiore e a Forlì anche a giugno è già buio.

TABELLA 5											
2022	TEMPO SIDERALE LOCALE A FORLÌ (long. 12° 02' 27") DALLE ORE 19 ALLE ORE 24 (SOLARI)										
	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30	24:00
15 Gennaio	02:28:50	02:58:55	03:29:00	03:59:05	04:29:10	04:59:15	05:29:20	05:59:25	06:29:30	06:59:35	07:29:39
15 Febbraio	04:31:03	05:01:08	05:31:13	06:01:18	06:31:23	07:01:28	07:31:33	08:01:38	08:31:43	09:01:48	09:31:53
15 Marzo	06:21:27	06:51:32	07:21:37	07:51:42	08:21:47	08:51:52	09:21:57	09:52:01	10:22:06	10:52:11	11:22:16
15 Aprile	08:23:40	08:53:45	09:23:50	09:53:55	10:24:00	10:54:05	11:24:10	11:54:15	12:24:20	12:54:25	13:24:29
15 Maggio	10:21:57	10:52:02	11:22:07	11:52:12	12:22:17	12:52:21	13:22:26	13:52:31	14:22:36	14:52:41	15:22:46
15 Giugno	12:24:10	12:54:15	13:24:20	13:54:25	14:24:30	14:54:35	15:24:40	15:54:45	16:24:49	16:54:54	17:24:59
15 Luglio	14:22:27	14:52:32	15:22:37	15:52:42	16:22:46	16:52:51	17:22:56	17:53:01	18:23:06	18:53:11	19:23:16
15 Agosto	16:24:40	16:54:45	17:24:50	17:54:55	18:25:00	18:55:05	19:25:10	19:55:14	20:25:19	20:55:24	21:25:29
15 Settembre	18:26:53	18:56:58	19:27:03	19:57:08	20:27:13	20:57:18	21:27:23	21:57:28	22:27:33	22:57:38	23:27:42
15 Ottobre	20:25:10	20:55:15	21:25:20	21:55:25	22:25:30	22:55:34	23:25:39	23:55:44	00:25:49	00:55:54	01:25:59
15 Novembre	22:27:23	22:57:28	23:27:33	23:57:38	00:27:43	00:57:48	01:27:53	01:57:58	02:28:02	02:58:07	03:28:12
15 Dicembre	00:25:40	00:55:45	01:25:50	01:55:54	02:25:59	02:56:04	03:26:09	03:56:14	04:26:19	04:56:24	05:26:29