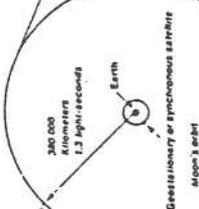
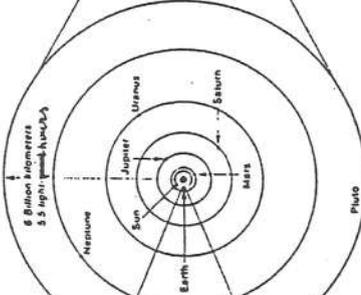


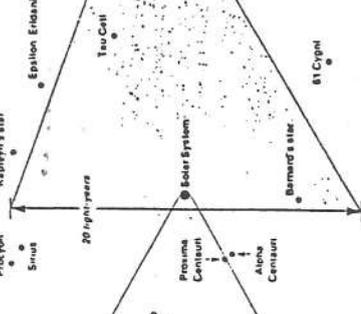
1) Earth-Moon System



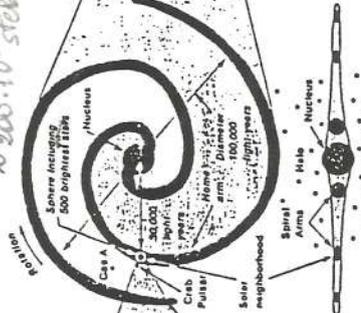
2) The Solar System



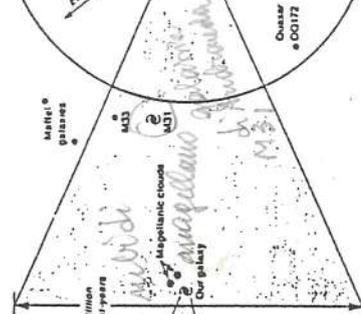
3) The Solar Neighborhood



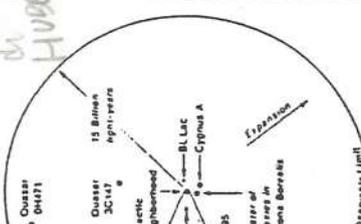
4) Our Galaxy



5) The Galactic Neighborhood



6) The Universe



From left to right the six stages of this schematic diagram, adapted from *Our Cosmic Universe*, show structures of increasing distance determinations. In the galactic neighborhood, systems can be studied as a whole, but observations of individual objects are limited to those much brighter than the Sun. In the universe only the properties of luminous galaxies are known.

Universo  $\approx 13.7 \cdot 10^9$  anni luce

Corso AIF 2004-05 18/11/04  
"Elementi di astronomia ad occhio nudo: conoscenze, esperienze" prof. M. FRANCESIO  
Attuali conoscenze dell'Universo

Nello schema, adattato da "Il nostro universo cosmico", i sei stadi mostrano, da sinistra verso destra, strutture di dimensioni crescenti. Il sistema illustrato in uno stadio viene rappresentato con un punto nella mappa alla sua destra. Lo spazio esplorato direttamente dall'uomo è limitato al sistema solare, se misure dirette di distanze sono possibili nei dintorni del Sole. La struttura della nostra galassia è nota solo approssimativamente, sia per l'oscuramento dovuto alla polvere interstellare, sia per la necessità di ricorrere a procedimenti indiretti per la misura delle distanze. Nei dintorni della galassia i sistemi possono essere studiati come singoli oggetti, anche se in essi sono osservabili stelle, purché molto più brillanti del Sole. Su scala cosmica si conoscono soltanto le caratteristiche delle galassie luminose.

- 1) Il sistema Terra - Luna, con la Terra, l'orbita di un satellite geostazionario, l'orbita lunare.
- 2) Il sistema solare, senza le orbite di Mercurio e Venere perché non rappresentabili. Il raggio orbitale di Plutone è 6 miliardi di km pari a 5,5 ore-luce.
- 3) I dintorni del Sole, con una decina delle stelle più vicine. Le dimensioni verticali nel disegno corrispondono a 20 anni-luce.
- 4) La nostra galassia, vista dall'alto e di profilo. Ha un diametro di 100000 anni-luce; Sole e dintorni distano 30000 anni-luce dal centro galattico.
- 5) I dintorni della galassia, con una decina di galassie vicine. M31 è la galassia di Andromeda. Le dimensioni verticali corrispondono a 4 milioni di anni-luce.
- 6) L'Universo, considerato in espansione, delimitato dal limite di osservabilità, di raggio pari a 15 miliardi di anni-luce.

1. Alcune dimensioni e distanze

diámetro della Terra \* 12800 km

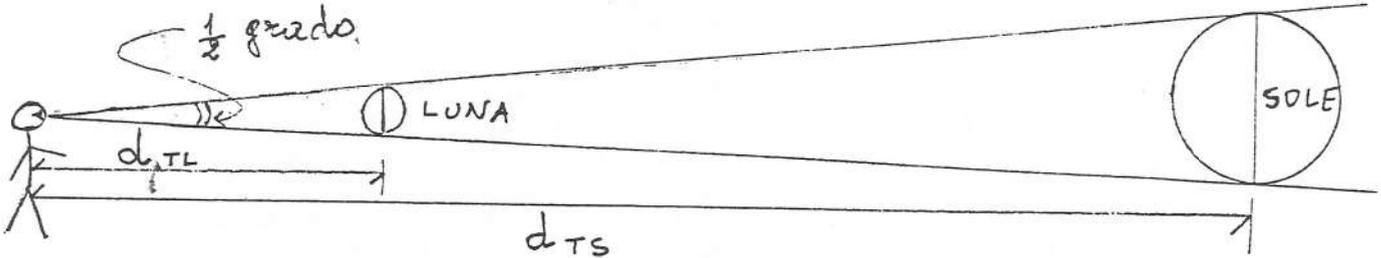
diámetro della Luna \* 3500 km

diámetro del Sole \* 1400000 km

distanza Terra - Luna \* 380000 km

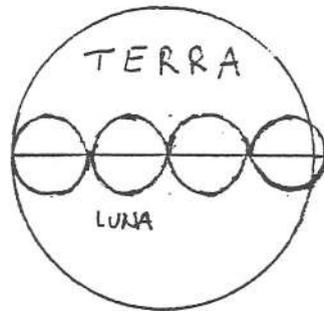
distanza Terra - Sole \* 150000000 km

I diámetro e le distanze della Luna e del Sole risultano combinati in modo tale da consentire di vedere i due astri dalla Terra praticamente sotto lo stesso angolo (circa mezzo grado).

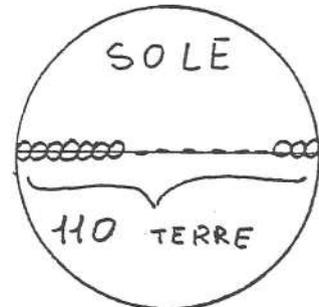


Particolarmente utili possono essere i confronti relativi, come mostrano le figure seguenti.

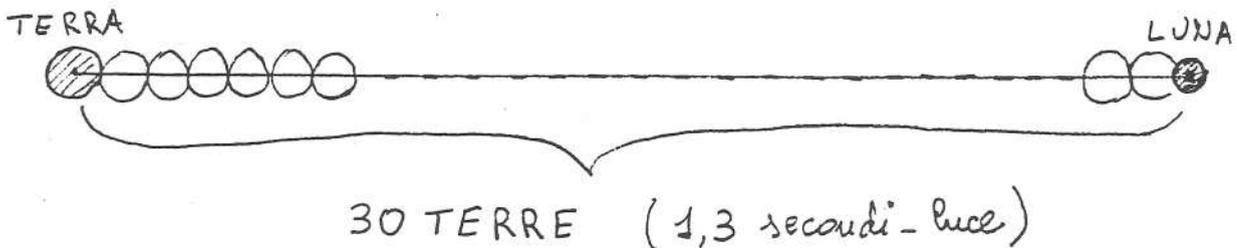
il diámetro della Terra corrisponde a quasi quattro diámetroi lunari



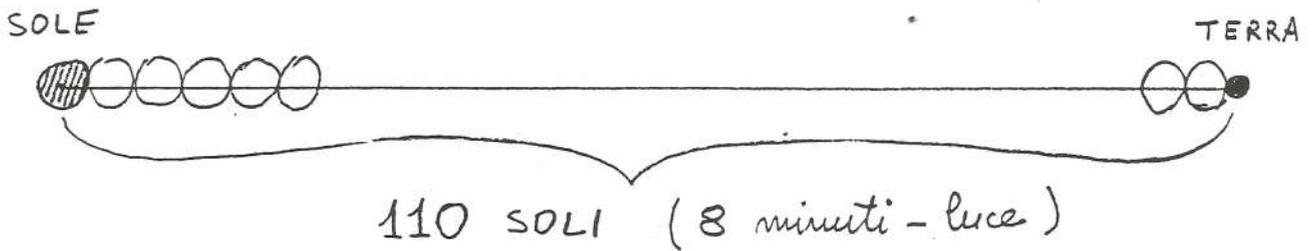
il diámetro del Sole corrisponde a circa 110 diámetroi terrestri



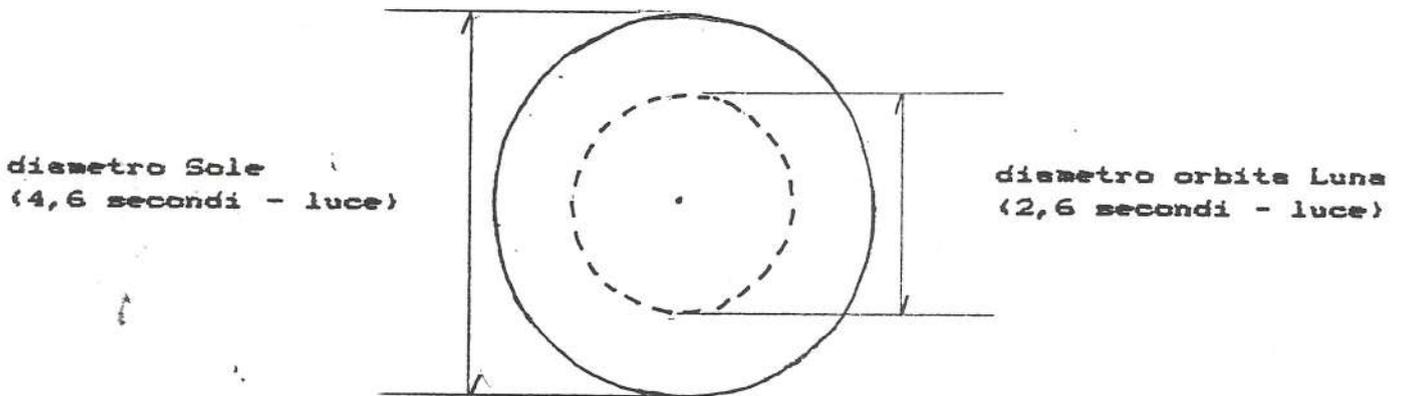
la distanza Terra - Luna corrisponde a circa 30 diámetroi terrestri; e percorrere tale distanza la luce impiega 1,3 secondi



la distanza Terra - Sole corrisponde a circa 110 diametri solari;  
 e percorrere tale distanza la luce impiega 500 secondi (8 minuti)



il diametro del Sole è quasi quattro volte la distanza Terra - Luna

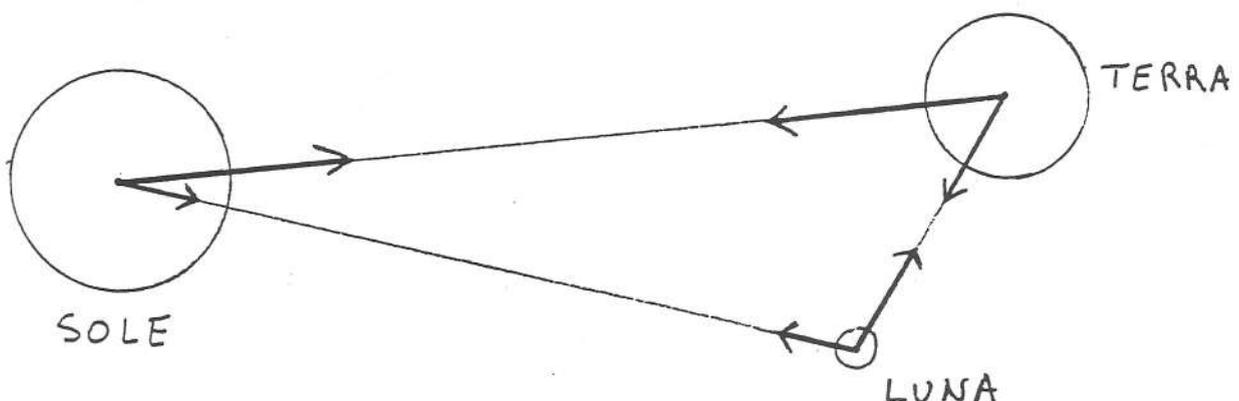


## 2. Rotazioni e mutue attrazioni

Terra, Luna e Sole ruotano ciascuno attorno ad un proprio asse. Considerati nel sistema di riferimento delle stelle fisse (SRSF) i tre assi hanno direzioni poco diverse e la rotazione avviene nello stesso senso: quello antiorario se si immagina di osservare i tre corpi dal Polo Nord celeste. E' per questo motivo che, visti dalla Terra, tutti gli astri sorgono a oriente e tramontano a occidente. Misurati in SRSF i periodi di rotazione (periodi siderali) risultano:

- 23 ore 56 minuti per la Terra (4 minuti meno di un giorno solare)
- 27 giorni per la Luna
- 25 giorni per il Sole (all'equatore)

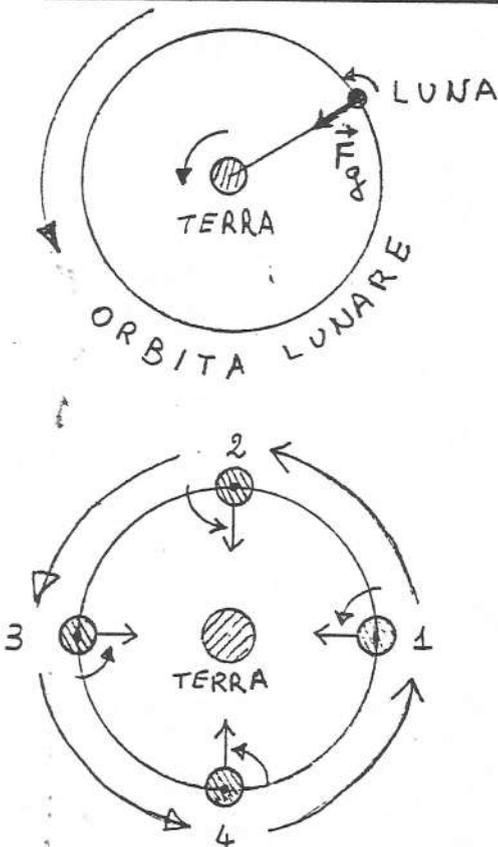
Terra, Luna e Sole sono soggetti alla reciproca attrazione gravitazionale che agisce in ragione delle rispettive masse e distanze (forze di gravitazione =  $G \cdot m_1 \cdot m_2 / d^2$ , legge di gravitazione universale), come indicato nel disegno, non in scala.



A causa delle grandi differenze in massa fra i tre corpi (la massa della Luna è circa 1/80 di quella terrestre che, a sua volta, è più di 300000 volte più piccola di quella solare) si possono considerare separatamente il sistema Terra - Luna e il sistema Terra - Sole. Nel primo esamineremo il moto della Luna rispetto alla Terra, nel secondo il moto della Terra attorno al Sole (più precisamente il moto del sistema Terra - Luna attorno al Sole).

In SRSF il Sole è considerato fermo al pari delle altre stelle.

### 3. Il sistema Terra - Luna



In SRSF la Luna gira attorno alla Terra (\*) sotto l'azione della forza gravitazionale  $F_g$ . Con qualche approssimazione il moto si può considerare circolare uniforme di periodo  $T_L = 27$  giorni.

Visto dal polo Nord celeste il moto avviene in senso antiorario e così pure quelli di rotazione lunare e di rotazione terrestre.

Poiché la Luna impiega a ruotare su se stessa lo stesso tempo che impiega a girare, nello stesso senso, attorno alla Terra, mostra verso il pianeta sempre la stessa faccia, come risulta dalla figura accanto in cui la freccia è stata posta come riferimento per evidenziare la rotazione lunare attorno al proprio asse.

La velocità angolare, sia del moto di rotazione sia di quello di rivoluzione, è :

$$\omega_L = \frac{360 \text{ gradi}}{27 \text{ giorni}} = 13 \text{ gradi/giorno}$$

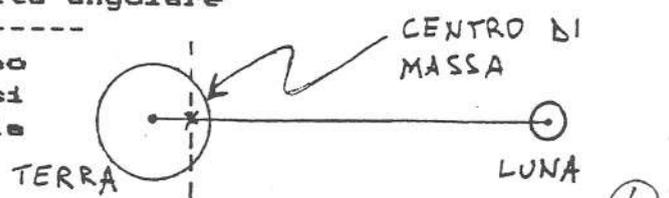
La velocità con cui la Luna si muove lungo la sua orbita è data da :

$$v_L = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T_L} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 380000 \text{ km}}{27 \text{ giorni} \cdot 86400 \text{ s/giorno}} = 1 \text{ km/s}$$

Per semplicità, anche se l'ipotesi è un po' grossolana, supponiamo che l'asse terrestre sia perpendicolare al piano orbitale lunare e consideriamo un osservatore posto sull'equatore, come indica la figura seguente dove PN sta per Polo Nord.  $L_1$  e  $L_2$  indicano le posizioni occupate dalla Luna in due giorni consecutivi alle stesse ore. L'angolo  $\alpha_L$  vale evidentemente  $13^\circ$ .

Affinché il giorno seguente l'osservatore ritrovi il nostro satellite nella stessa posizione in cielo (nel nostro caso sopra la testa), bisogna che la Terra, dopo avere compiuto un'intera rotazione, ruoti di un ulteriore angolo pari ad  $\alpha_L$ . Poiché essa impiega praticamente 24 ore per fare un giro di  $360^\circ$ , la sua velocità angolare

(\*) In realtà ruotano entrambe attorno al centro di massa del sistema che si trova a circa 4600 km dal centro della Terra.

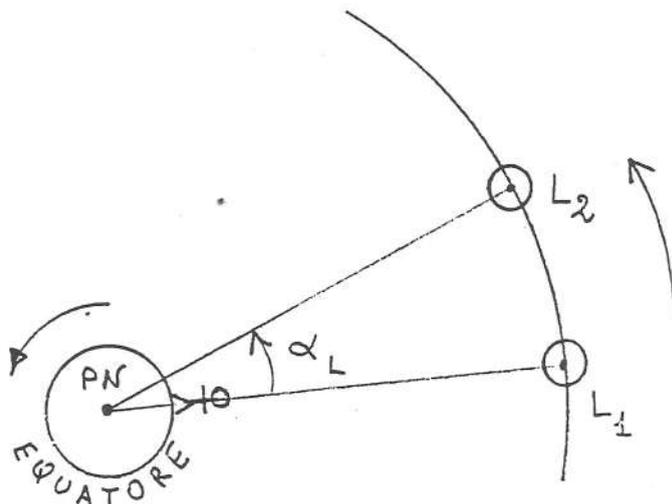


sarà

$$\omega_T = \frac{360 \text{ gradi}}{24 \text{ ore}} = 15 \text{ gradi/ora}$$

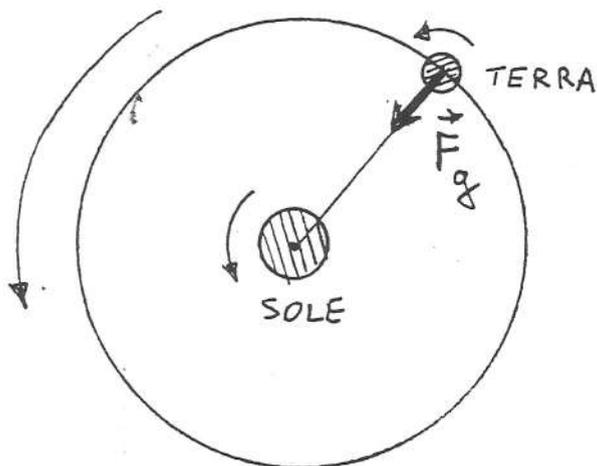
e quindi il tempo necessario per ruotare di  $13^\circ$  è dato da

$$t = \frac{\alpha_L}{\omega_T} = \frac{13 \text{ gradi}}{15 \text{ gradi/ora}} = 0,87 \text{ ore} = 52 \text{ minuti}$$



Ciò significa che la Luna sorge ogni giorno con circe 50 minuti di ritardo rispetto al giorno precedente.

#### 4. Il sistema Sole - Terra



In SRSF la Terra gira attorno al Sole ( $\Rightarrow$ ) sotto l'azione della forze gravitazionale  $\vec{F}_g$ . Con qualche approssimazione il moto si può considerare circolare uniforme di periodo  $T_T = 365$  giorni.

Visto dal polo Nord celeste il moto avviene in senso antiorario e così pure quelli di rotazione terrestre e di rotazione solare.

La velocità angolare del moto di rivoluzione, è :

$$\omega = \frac{360 \text{ gradi}}{365 \text{ giorni}} = 1 \text{ grado/giorno}$$

La velocità con cui la Terra si muove lungo la sua orbita è data da :

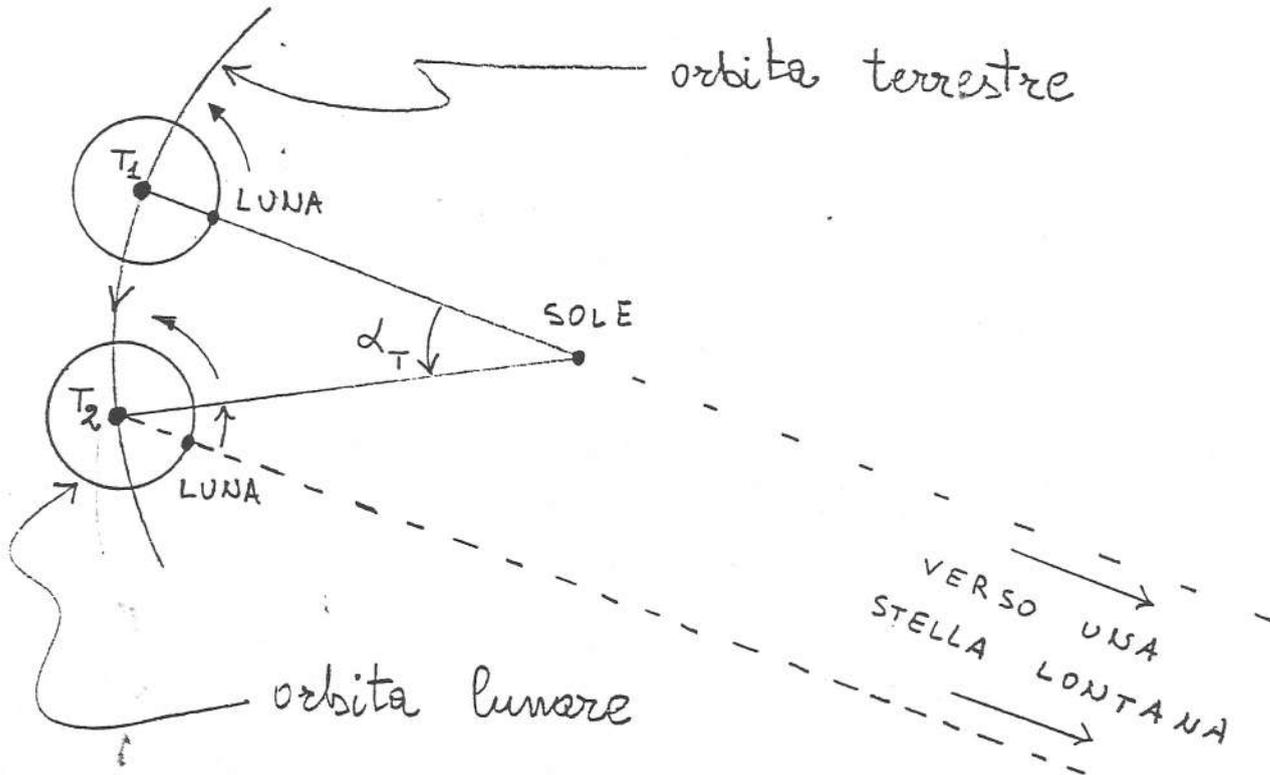
$$v_T = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T_T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 150000000 \text{ km}}{365 \text{ giorni} \cdot 86400 \text{ s/giorno}} = 30 \text{ km/s}$$

#### 5. Composizione dei movimenti

Finora si sono esaminati separatamente il moto della Luna rispetto alla Terra e il moto della Terra rispetto al Sole, ma se si vuole considerare il moto della Luna, o quello di un punto della superficie terrestre, rispetto al Sole occorre esaminare due movimenti combinati insieme. Va precisato a questo punto che il piano dell'orbita lunare differisce molto poco da quello dell'orbita terrestre, per cui nel seguito li considereremo coincidenti; inoltre ammetteremo, per semplicità, che gli assi di rotazione dei tre corpi siano ortogonali al piano delle orbite.

(\*) Vedi la precedente nota a pie' di pagina. In questo caso, tuttavia, l'enorme differenza tra la massa del Sole e quella della Terra fa sì che il centro di massa del sistema coincide praticamente con il centro del Sole.

A - la Luna rispetto al Sole



Mentre la Luna fa un giro completo attorno alla Terra (in SRSF) questa si sposta sulla sua orbita da  $T_1$  a  $T_2$  descrivendo l'angolo  $\alpha_T$ . Quando la Terra è in  $T_2$  la Luna non è più allineata con il Sole: manca un angolo pari ad  $\alpha_T$ . Ciò significa che il tempo impiegato dalla Luna per rioccupare la stessa posizione rispetto al Sole è maggiore di quello rispetto alle stelle fisse.

Poiché il tempo trascorso fra  $T_1$  e  $T_2$  è  $\approx 27$  giorni e la velocità angolare della Terra è  $\approx 1$  grado/giorno si avrà che  $\alpha_T \approx 27^\circ$ . Essendo la velocità angolare della Luna  $\approx 13$  gradi/giorno il tempo necessario al nostro satellite per descrivere l'angolo  $\alpha_T$  sarà dato da

$$t = \frac{\alpha_T}{\omega_L} = \frac{27 \text{ gradi}}{13 \text{ gradi/giorno}} \approx 2 \text{ giorni}$$

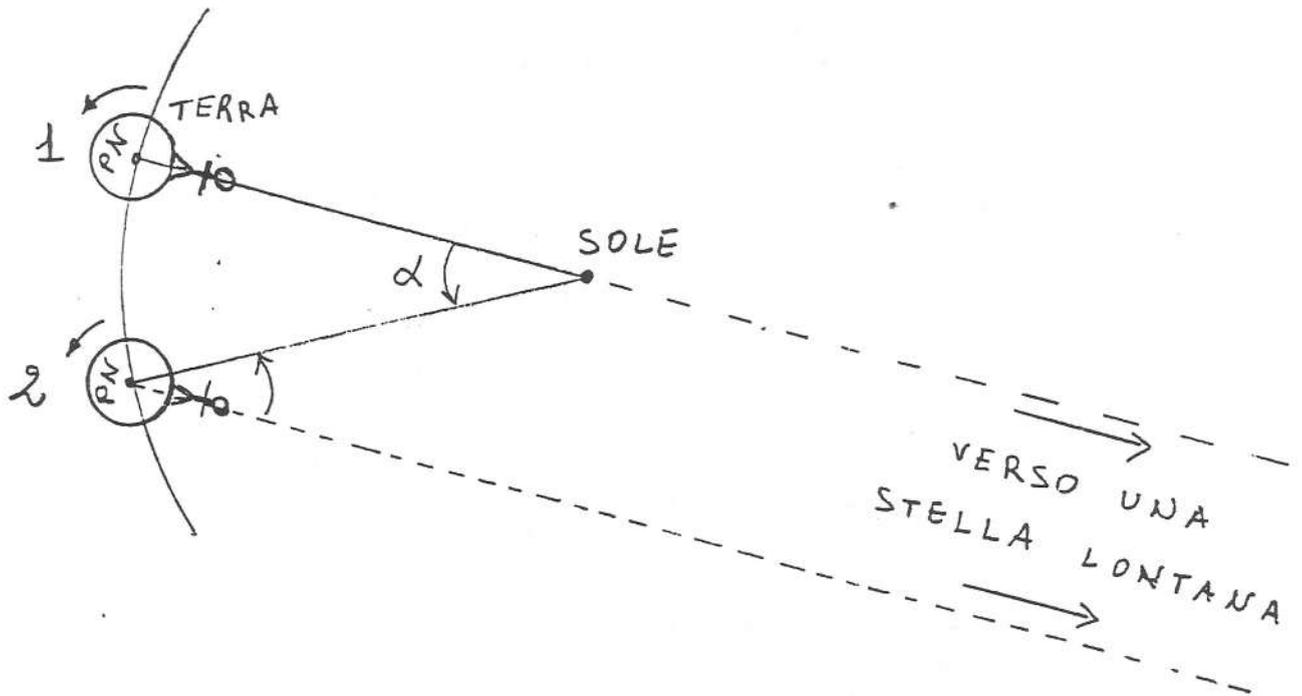
Risulta quindi che il tempo impiegato dalla Luna per fare un giro completo attorno alla Terra rispetto al Sole è  $\approx 29$  giorni. Calcoli più precisi forniscono il valore 29,5 giorni: è il periodo sinodico chiamato anche lunazione.

B - la superficie terrestre rispetto al Sole

Un ragionamento analogo al precedente si può fare per il moto di rotazione terrestre.

Un osservatore all'equatore abbia il Sole allo zenit quando la Terra è in 1. Mentre compie una rotazione completa su se stessa (in SRSF) la Terra si sposta sulla sua orbita da 1 a 2 descrivendo l'angolo  $\alpha$ . Quando la Terra è in 2 l'osservatore non ha ancora il Sole allo zenit: manca un angolo pari ad  $\alpha$ . Ciò significa che il tempo necessario all'osservatore per ritrovare il Sole nella stessa posizione in cielo è maggiore di quello necessario per le stelle fisse.

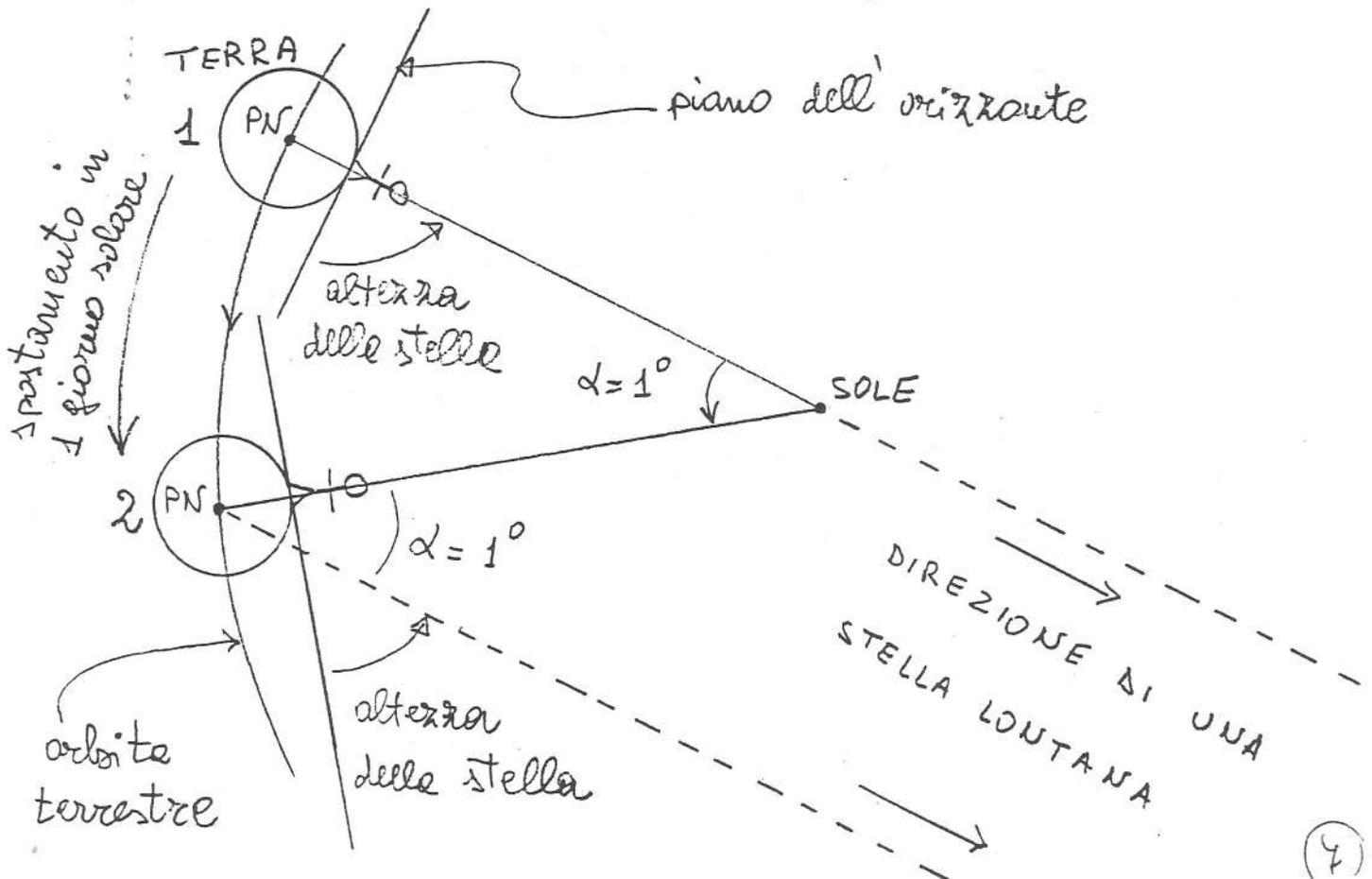
Poiché il tempo trascorso fra 1 e 2 è 1 giorno e la velocità angolare di rivoluzione della Terra è  $\approx 1$  grado/giorno si avrà che  $\alpha \approx 1^\circ$ .



Essendo la velocità angolare di rotazione terrestre = 15 gradi/ore il tempo necessario al nostro pianeta per descrivere l'angolo  $\alpha$  sarà dato da

$$t = \frac{\alpha}{\omega_T} = \frac{1 \text{ grado}}{15 \text{ gradi/ore}} = \frac{1}{15} \text{ di ore} = 4 \text{ minuti}$$

Risulta quindi che il tempo impiegato dalla Terra per fare un giro completo su se stessa rispetto al Sole è 4 minuti più lungo di quello impiegato per compiere una rotazione completa rispetto alle stelle fisse, cioè 24 ore. Tale periodo viene chiamato giorno solare (medio) per distinguerlo dall'altro chiamato giorno sidereo.

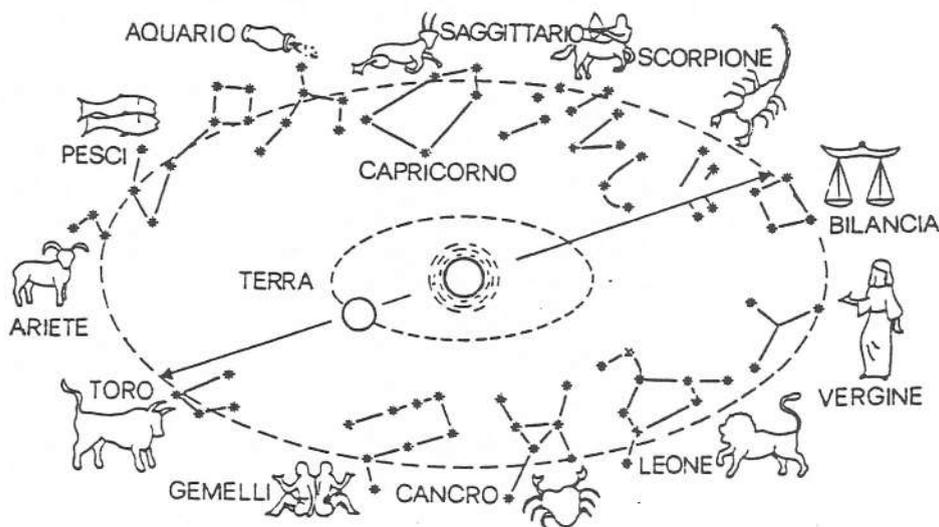


Lo scorrere del tempo sulla Terra è scandito in giorni solari poichè la vita sociale si svolge soprattutto in relazione ai periodi di luce, quindi in riferimento al Sole che, rispetto alle altre stelle, ha per noi un ruolo privilegiato particolarmente importante.

Nella figura precedente è mostrato lo spostamento (non in scala) della Terra in 24 ore esatte, evidenziando il fatto che, per un osservatore terrestre, il Sole ritorna allo zenit poichè il nostro pianeta ha compiuto una rotazione di  $361^\circ$ , mentre una stella delle fisse risulterà di  $1^\circ$  meno alta sull'orizzonte rispetto al giorno precedente. Si tratta di un fatto generale: ogni 24 ore il Sole ritorna alle stesse altezze sull'orizzonte, mentre le altre stelle risultano alte  $1^\circ$  in meno verso Ovest.

Ciò significa che giorno dopo giorno le stelle si vedono spostate, di un grado per volta, verso occidente e quindi, col passare dei mesi, le costellazioni si avvicinano nel cielo serale, compiendo un giro completo attorno a noi in un anno.

Per un osservatore terrestre il Sole non appartiene alle stelle fisse, perchè slitta nel cielo di  $1^\circ$  al giorno in senso contrario al precedente, cioè verso Est, facendo un giro completo in un anno lungo una linea chiamata eclittica. Essa attraversa 12 costellazioni, i "segni" così cari agli astrologi, contenute in una striscia detta fascia zodiacale.



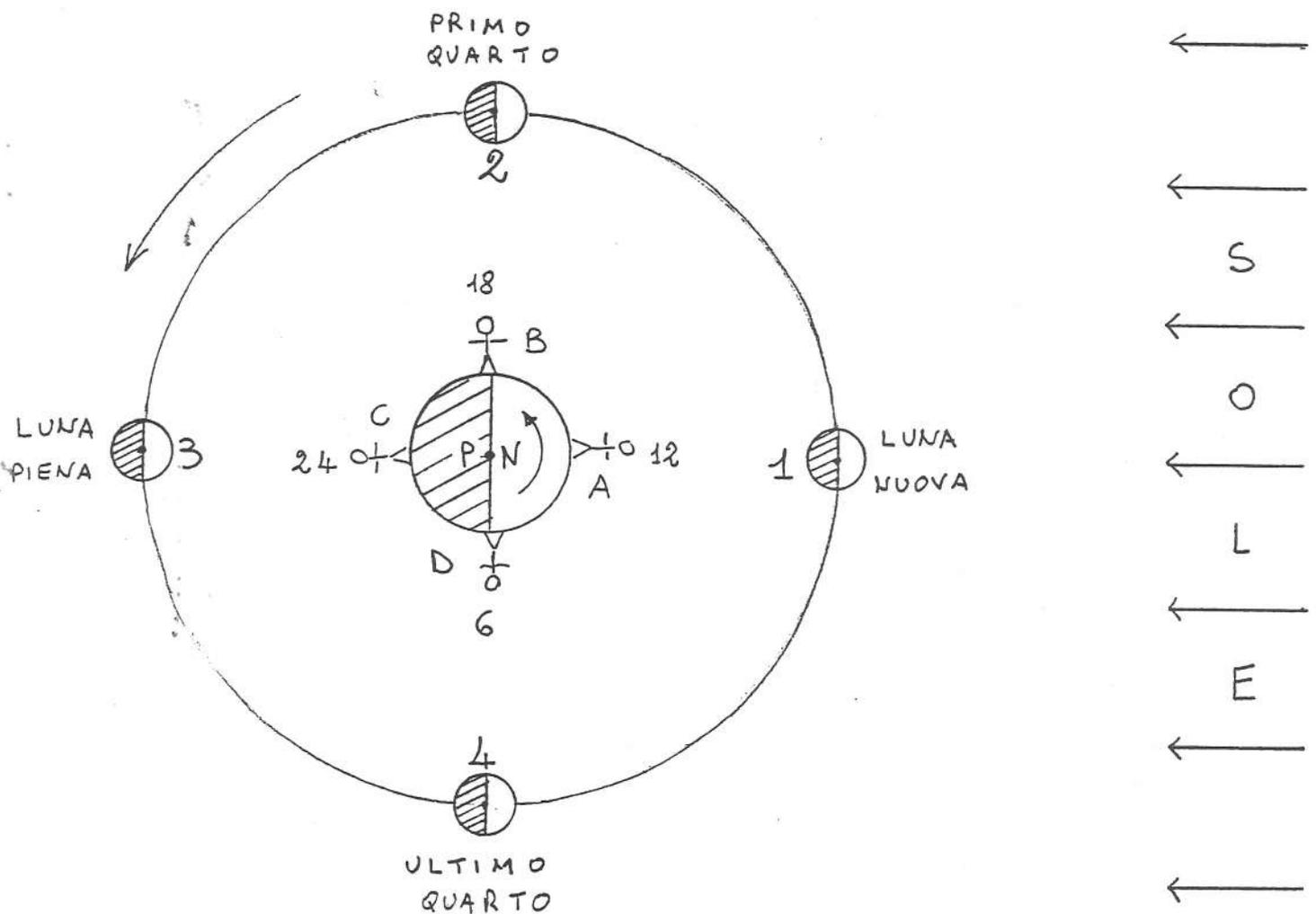
*Schema dell'orbita della Terra intorno al Sole e delle dodici costellazioni dello zodiaco che si trovano sul piano di tale orbita.*

Anche l'osservazione della Luna risulta influenzata dal fatto che sulla Terra il tempo è scandito in giorni solari e non in giorni siderali. Per un osservatore terrestre, quando dopo 24 ore il Sole sarà ritornato alla stessa altezza sull'orizzonte, la Luna risulterà spostata verso Est di  $12^\circ$  e non di  $13^\circ$ , poichè la Terra avrà ruotato di  $361^\circ$  e non di  $360^\circ$ . Ne deriva che il ritardo con cui la Luna sorge all'orizzonte rispetto al giorno precedente non è 52 minuti, ma 48 minuti. La differenza è piuttosto piccola e quindi possiamo confermare quei "circa 50 minuti" indicati in precedenza.

## 6. Le fasi lunari

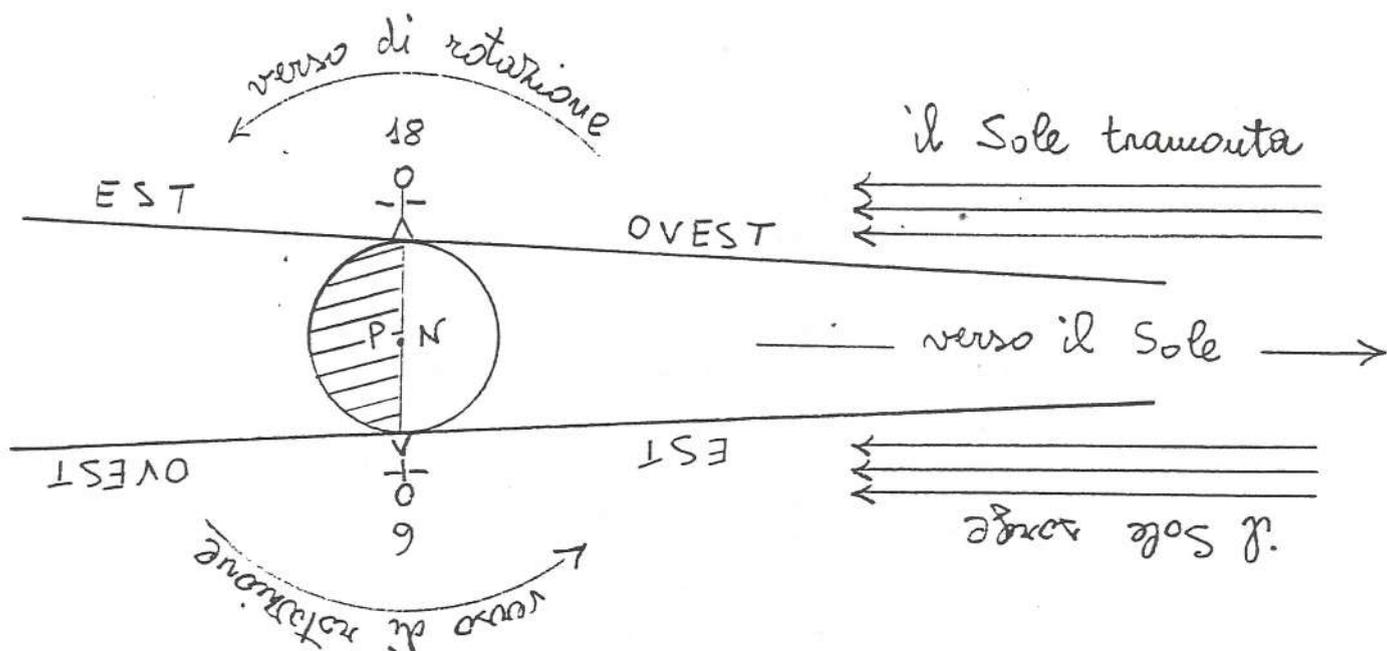
Dopo quanto esposto sul moto lunare e di rotazione terrestre possiamo analizzare le caratteristiche delle fasi lunari osservabili dalla Terra.

Per semplicità supponiamo, al solito, che l'asse terrestre sia ortogonale al piano orbitale lunare e che la traiettoria della Luna attorno alla Terra sia circolare. Il moto, supposto uniforme, ha un periodo di 29,5 giorni. Il Sole si immagini a distanze infinite, per cui i raggi di luce giungono paralleli e illuminare la Terra e la Luna. Ne deriva che metà della sfera terrestre e metà della sfera lunare saranno illuminate sempre dalla stessa parte (a destra nel disegno, non in scala) lasciando l'altra metà al buio.



Per tale ragione sull'equatore terrestre sarà mezzogiorno dove si trova l'osservatore A (\*), mentre sarà mezzanotte dove si trova l'osservatore C (\*). Tenuto conto del verso di rotazione della Terra, saranno le 18 dove si trova B (\*) e le 6 del mattino dove si trova D (\*). Per comprendere bene queste cose è utile riferirsi al piano dell'orizzonte dell'osservatore che va considerato tangente alla superficie terrestre nel punto dove l'osservatore si trova.

(\*) Si noti che ciò sarà vero anche in tutti i punti dell'arco di meridiano per A (B, C, D) che ha per estremi i due poli della Terra.



NB. Per considerare l'alba vista dalla Terra occorre ruotare la figura di  $180^\circ$ .

Per la stessa ragione di prima, quando la Luna è in 1 sarà nuova e non visibile dalla Terra, mentre sarà piena in 3 (\*). Tenuto conto del verso di rivoluzione attorno alla Terra, la Luna sarà al primo quarto in 2 e all'ultimo quarto in 4.

Poiché la durata di una lunazione è 29,5 giorni, il tempo che intercorre tra una fase e la successiva, di quelle indicate, è 7,4 giorni, praticamente una settimana. Si dice anche che la Luna

- al primo quarto è di età 7,4 giorni,
- piena è di età 14,8 giorni,
- all'ultimo quarto è di età 22,2 giorni,

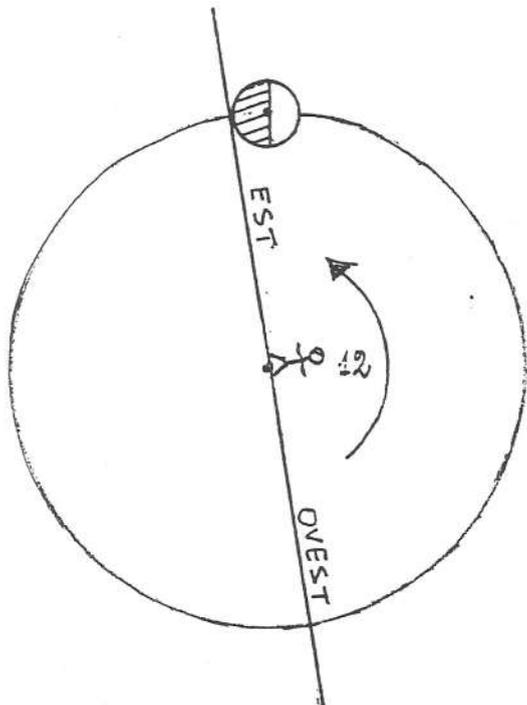
con evidente significato del termine età, che va usato soltanto all'interno di una lunazione.

Dal disegno risulta chiaro che la Luna al primo quarto è visibile di sera, ma non al mattino, e il contrario accade per la Luna all'ultimo quarto. Ciò aiuta a comprendere come le diverse fasi lunari siano legate ai periodi della giornata in cui sono osservabili e per quale motivo.

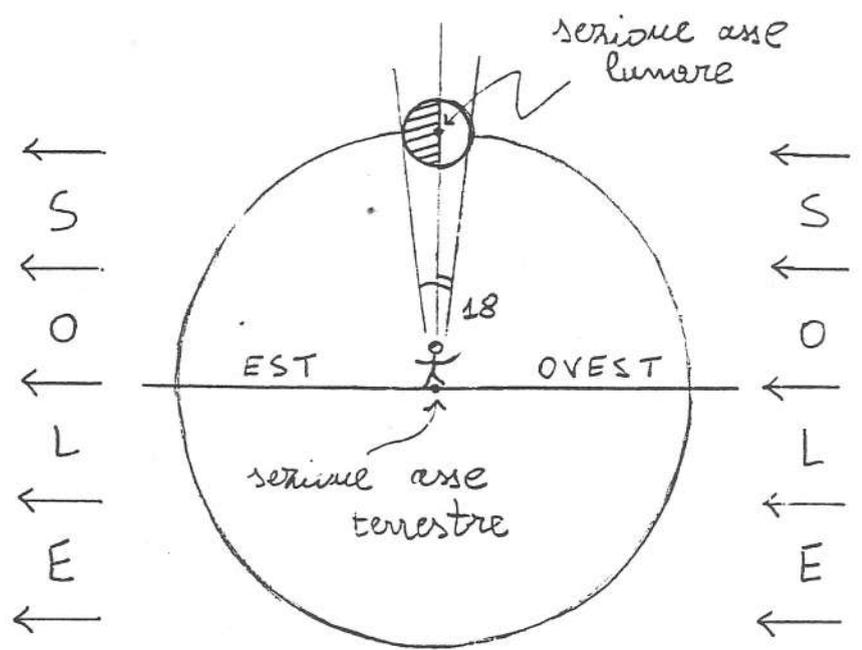
Chiarisco meglio questo punto esaminando la Luna al primo quarto vista da un osservatore terrestre, del quale venga evidenziato il piano dell'orizzonte.

In figura A) la Luna è appena sorta dopo mezzogiorno. In figura B) la Luna ha la massima altezza nel cielo alle ore 18. Sono evidenziate le sezioni degli assi terrestre e lunare, l'angolo sotto cui è osservabile l'astro, l'angolo sotto cui è vista la parte illuminata.

(\*) Qui non vengono prese in considerazione le eclissi, né di Luna né di Sole. Si tenga presente, in ogni caso, che esse non si verificano ogni mese per il fatto che i due piani orbitali, rispettivamente della Luna attorno alla Terra e della Terra attorno al Sole, non sono coplanari, ma formano un angolo di circa  $5^\circ$ . Le eclissi si verificano solamente quando i tre astri si trovano sulle rette di intersezione dei due piani orbitali.



A)

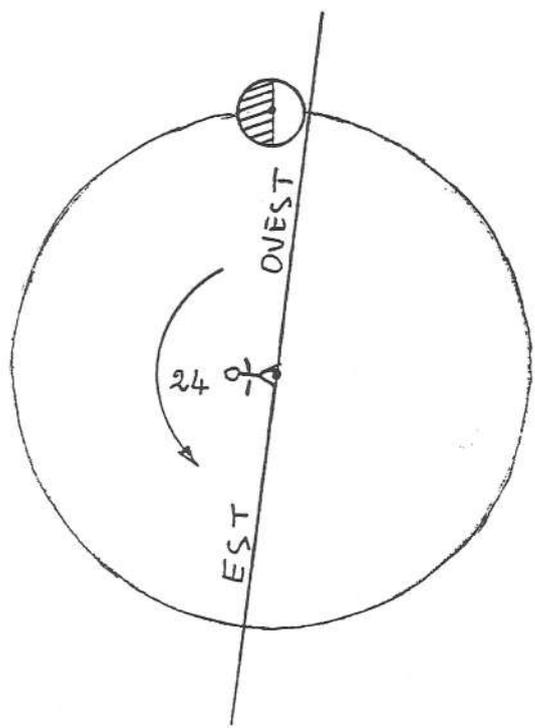
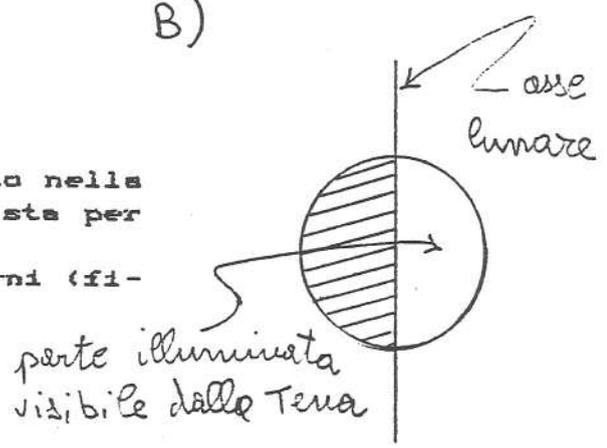


B)

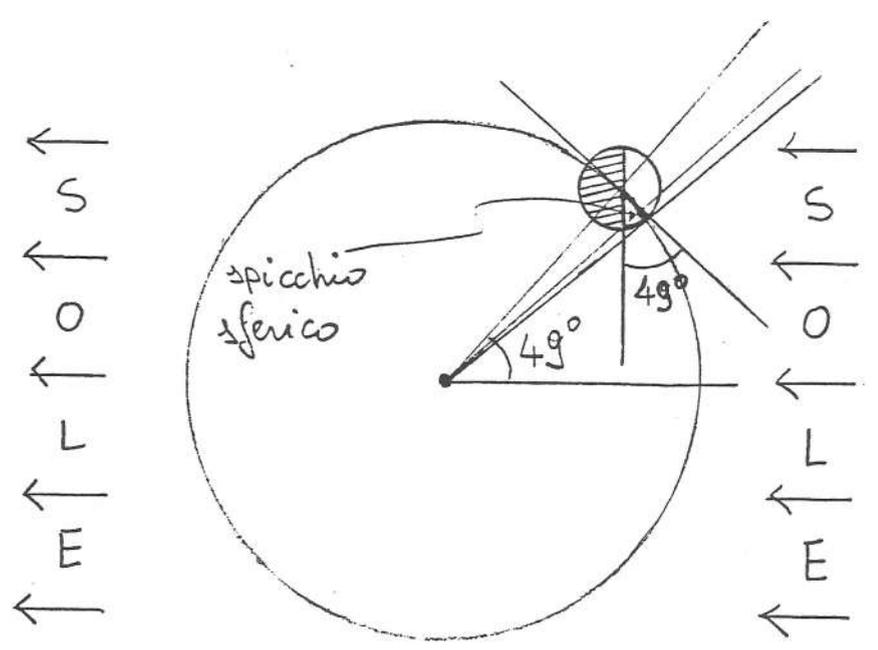
Nel cielo la Luna appare come indicata nella figura qui a destra. In figura C) l'astro sta per tramontare poco prima di mezzanotte.

Consideriamo ora la Luna di età 4 giorni (figura D)). Essa sarà spostata di un angolo

$$\frac{4 \text{ giorni}}{29,5 \text{ giorni}} \times 360^\circ \approx 49^\circ$$



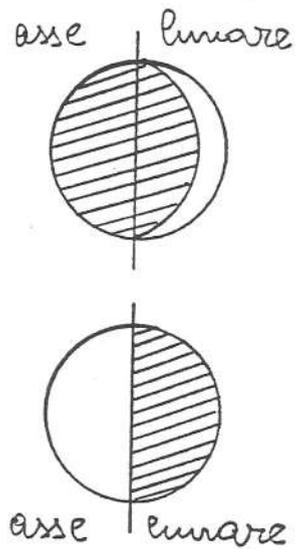
C)



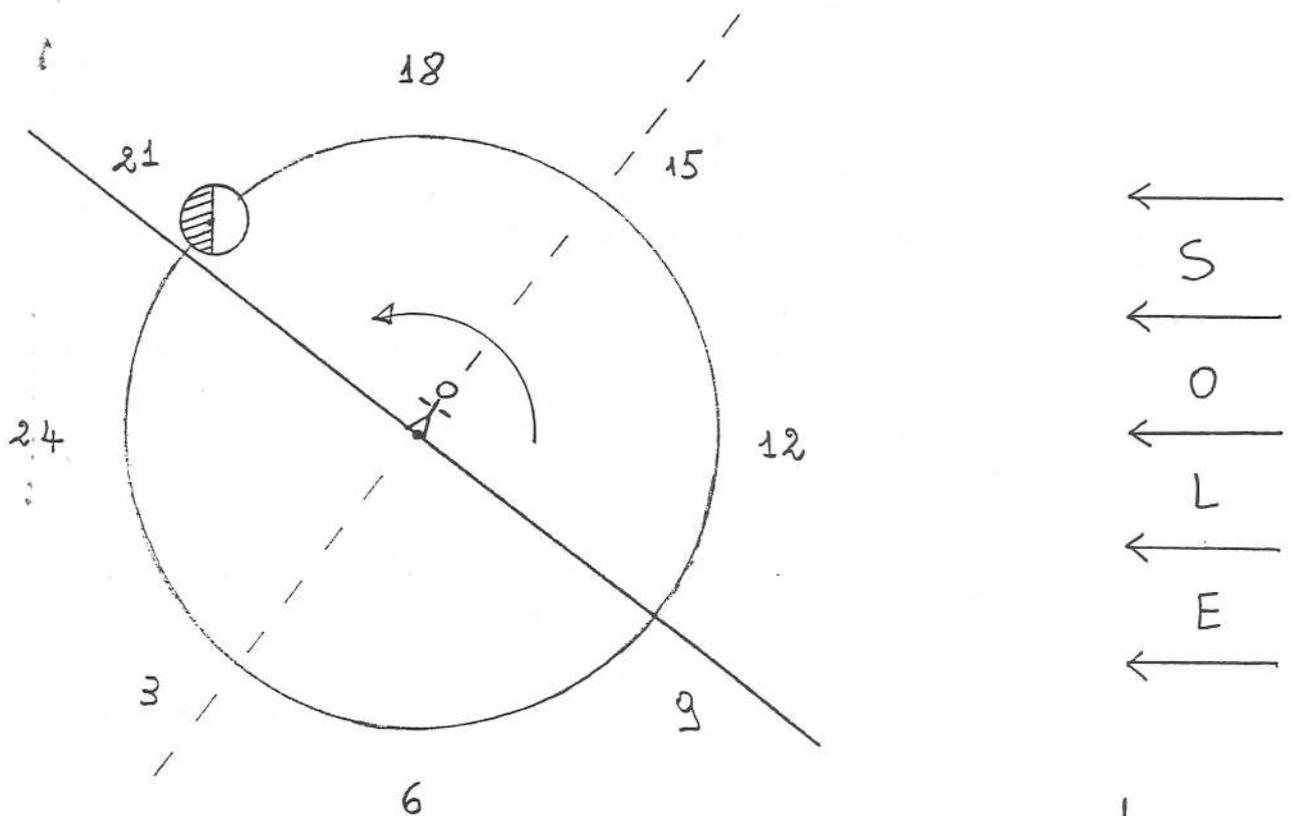
D)

e lo stesso valore avrà l'ampiezza dello spicchio sferico lunare illuminato che è visibile dalla Terra. La superficie di tale spicchio (fuso), vista in proiezione dalla Terra, è la falce lunare della figura accanto.

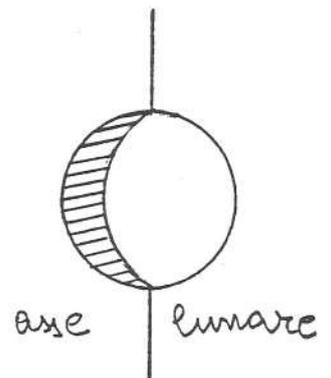
Quando la Luna è al primo quarto l'ampiezza dello spicchio è  $90^\circ$ . Per la Luna piena l'ampiezza raggiunge il valore massimo di  $180^\circ$ . Poi, con l'aumentare dell'età, lo spicchio sferico osservabile dalla Terra si va riducendo e si trova dalla parte opposta a quella prima considerata. Quando la Luna è all'ultimo quarto l'ampiezza dello spicchio è ancora  $90^\circ$ , ma il fuso osservato (sempre in proiezione) è quello rappresentato in figura.



Analogamente a quanto mostrato prima nel caso particolare della Luna al primo quarto, l'ora del sorgere o del tramontare del nostro satellite, nelle diverse fasi, può essere stimato ricorrendo al disegno che rappresenta la Luna, di data età, sulla sua orbita e il piano dell'orizzonte dell'osservatore terrestre. Per comodità le ore sono state riportate sulla circonferenza che rappresenta la traiettoria della Luna.



Nel caso considerato la Luna sorge verso le 15 e tramonta verso le 3 di notte, e di età circa 11 giorni e mostra alla Terra l'aspetto indicato nella figura accanto.



PRIMA ESERCITAZIONE PRATICA : osservazioni sistematiche della Luna

In relazione alla lezione sopra citata i corsisti sono invitati a svolgere una serie di osservazioni del nostro satellite secondo le modalità sotto indicate.

- a) Una osservazione al giorno a partire dal 25 maggio prossimo fino al 14 giugno 1990. Motivi vari impediranno talvolta lo svolgimento del compito assegnato, tuttavia è necessario dare alla successione delle osservazioni il massimo di sistematicità possibile.
- b) L'ora scelta per l'osservazione potrebbe essere le 21, ora legale, o le 22, a seconda delle preferenze. Non è necessario spaccare ogni volta il minuto e si possono tollerare anche 10, 15 minuti di differenza rispetto all'ora canonica, tuttavia essa va tenuta come riferimento per un paio di settimane.
- c) Qualunque luogo di osservazione va bene purchè consenta una buona visibilità del cielo verso Sud da occidente ad oriente. E' importante che le osservazioni vengano fatte sempre dallo stesso punto.
- d) Ogni osservazione verrà registrata su una pagina di quaderno :
  - 1 - segnando la data e l'ora dell'osservazione,
  - 2 - disegnando l'aspetto dell'astro come nell'esempio seguente



- 3 - facendo uno schizzo della posizione dell'astro sullo sfondo che si vede dal proprio punto di osservazione, come nell'esempio seguente



- e) La registrazione sul quaderno va fatta anche in caso di mancata osservazione, indicando brevemente i motivi dell'impossibilità (brutto tempo, dimenticanza, astro non trovato in cielo, ecc.).

## CONSIDERAZIONI UTILI

1. Nei giorni 25, 26, 27, 28 maggio 1990, alle ore 21 - 22, la Luna si trova verso Ovest. L'astro luminoso che si nota nelle vicinanze della Luna, a sinistra in alto il 25, in prossimità il 26, a destra in basso il 27, è il pianeta Giove.
2. Se si dispone di un binocolo, vale la pena di usarlo per una osservazione più dettagliata sia della Luna, sia di Giove.
3. Col passare dei giorni, l'osservazione serale delle 21 (o delle 22), ora legale, diventa dapprima più agevole e poi meno agevole fino a quando la Luna non risulta più osservabile di sera, anche a ora tarda. In questo caso occorre fare la quotidiana osservazione al mattino, per esempio verso le sette o le otto (a causa dell'illuminazione diurna, in primavera inoltrata e in estate è bene farla molto presto).

## ALCUNE ANTICIPAZIONI

1. Rispetto alla volta celeste (sistema di riferimento delle stelle fisse) la Terra ruota attorno al proprio asse da occidente verso oriente o, il che è lo stesso, da Ovest verso Est. Di conseguenza la volta celeste, vista dalla Terra (sistema di riferimento terrestre; noi considereremo quello scelto dall'osservatore), ruota in senso inverso, per cui le stelle sorgono a oriente e tramontano a occidente.

La stessa cosa accade per il Sole, per la Luna e per i pianeti.

Ciò può essere facilmente controllato notando lo spostamento in cielo di una stella, o di una costellazione, del Sole, della Luna o di un pianeta (Giove, per esempio), quando li si osservi un paio di volte, a distanza di un ora una dall'altra.

Se si continuasse a fare osservazioni, per esempio di ora in ora, si troverebbe che l'astro preso in esame si sposta continuamente da oriente verso occidente fino a tramontare. Dopo circa 12 ore (corrispondenti a circa mezza rotazione terrestre) lo si vedrebbe sorgere di nuovo a oriente per ripercorrere in cielo lo stesso tragitto. L'avverbio "circa" è stato usato con intenzione perchè vi sono delle differenze, più o meno evidenti, nel comportamento dei vari corpi celesti.

2. L'osservazione sistematica della Luna, effettuata giorno dopo giorno alla stessa ora per evitare il disturbo della rotazione terrestre, permette di controllare se essa occupi o meno sempre la stessa posizione nel cielo, rispetto alle altre stelle. Se ciò si verificasse, si dedurrebbe che si comporta come una stella fissa; invece si nota, con molta evidenza, che essa si sposta rispetto alle stelle da occidente verso oriente, dimostrando di muoversi intorno alla Terra nello stesso senso in cui quest'ultima ruota su se stessa.

Controllando gli spostamenti che essa subisce giorno dopo giorno, si potrà allora stabilire se, dopo un certo periodo di tempo, essa rioccuperà nuovamente posizioni già assunte in precedenza, provando così di avere compiuto un giro completo.

Tuttavia, un bel giorno, ci si accorge che l'astro non è più osservabile all'ora fissata per le osservazioni, perchè deve ancora sorgere.

Esso si trova evidentemente sotto il nostro orizzonte e per proseguire nello studio del fenomeno occorre fissare per le osservazioni un'ora diversa, purchè valida per diversi giorni senza bisogno di cambiarla ulteriormente. Andranno bene le ore del mattino, per esempio le 7 o le 8, riprendendo le osservazioni verso Ovest.

## SECONDA ESERCITAZIONE PRATICA : osservazioni sistematiche del Sole

Per la sua grande luminosità il Sole non può essere osservato direttamente, tranne all'alba o al tramonto; l'osservazione diretta è pericolosa, in modo particolare con strumenti ottici non appositamente predisposti, perchè può recare gravi danni alla vista. Un metodo indiretto di osservazione del moto del Sole, noto fin dall'antichità, è quello di esaminare l'ombra di un oggetto alto e sottile, come un bastone, una penna, un chiodo, uno spillo.

Bisogna usare un oggetto diritto e abbastanza corto da produrre un'ombra non più lunga del terreno o della tavoletta, di legno, di polistirolo espanso o di cartone, a cui è stato fissato. Le ombre più lunghe si hanno di primo mattino o a pomeriggio inoltrato e soprattutto d'inverno.

Se non si opera direttamente sul terreno è utile porre un foglio bianco, all'incirca delle stesse dimensioni, sulla tavoletta e fermarlo con un po' di nastro adesivo. È importante prima di ogni esperimento controllare, con una squadra, la perpendicolarità dello stilo al piano e, con una pallina, l'orizzontalità della tavola: questa va appoggiata in modo tale che la pallina non tenda a rotolare rapidamente da qualche parte. Inoltre ci si ricorderà di annotare sempre l'altezza dello stilo (chiamato gnomone) e la data dell'esperimento.

### A. Moto giornaliero

Un esperimento consiste nel rilevare le variazioni dell'ombra nell'arco di una giornata. Si tratta di segnare con una matita la posizione dell'estremo punto dell'ombra a intervalli regolari, per esempio ogni ora o, ancora meglio, ogni mezz'ora. La situazione ottimale sarebbe quella di raccogliere molti dati, dalla mattina alla sera, ma bastano anche le ore di lezione del mattino, purchè si cerchi di spingersi oltre mezzogiorno (ora solare), per evidenziare il riallungarsi dell'ombra, dopo che si era andata accorciando per tutta la mattinata. Eventualmente si può, qualche volta, svolgere l'esperimento a casa o affidarlo come compito ai ragazzi dopo averli bene istruiti.

Nelle figure ①, ②, ③ sono riportati come esempio, in scala ridotta, i risultati ottenuti con classi del secondo ciclo nei mesi di ottobre, novembre, giugno. Nelle figure ④, ⑤, ⑥ sono riportati analoghi risultati ottenuti, in maggio e in prossimità degli equinozi d'autunno e di primavera, da un docente che ha operato a casa propria rilevando i dati ogni quarto d'ora. FIGURE da pagine ③③

Osservando le figure si possono fare le seguenti considerazioni :

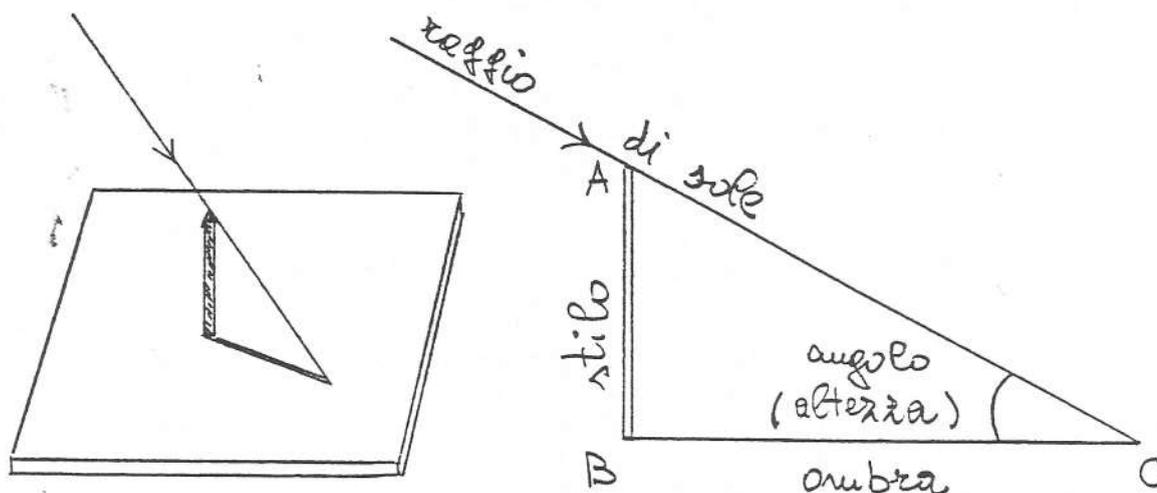
- la direzione dell'ombra cambia continuamente e indica che il Sole si va spostando nel cielo da Est a Ovest;
- anche la lunghezza dell'ombra cambia, accorciandosi di mattina, fino a raggiungere un minimo verso mezzogiorno, per poi riallungarsi progressivamente nelle ore pomeridiane : ciò significa che il Sole si eleva sempre più sull'orizzonte, raggiunge la massima altezza a mezzogiorno, e quindi ridiscende poco a poco fino a tramontare;
- la direzione dell'ombra più corta individua la direzione Nord - Sud e, di conseguenza, anche quella Est - Ovest ad essa ortogonale;
- l'estremità dell'ombra descrive una linea continua, generalmente curva;
- la figura cambia aspetto col passare dei mesi, perchè le ombre si modificano : l'ombra di una determinata ora risulta più lunga d'inverno e più corta d'estate, il che indica una diversa altezza del sole sull'orizzonte; inoltre, la linea descritta dall'estremità dell'ombra è concava verso Nord nei mesi invernali e verso Sud in quelli estivi, mentre diventa una retta in corrispondenza degli equinozi.

## B. Variazione giornaliera dell'altezza

A questo punto, per un'analisi più approfondita, si possono distribuire ai ragazzi vari incarichi allo scopo di realizzare una tabella di dati che raccolga, per ogni rilevazione effettuata, l'ora, la lunghezza dell'ombra, l'altezza del Sole; essa servirà a costruire un grafico che rappresenti l'altezza in funzione del tempo.

Per ogni rilevazione, infatti, si devono eseguire le seguenti operazioni :

- misurare la lunghezza dell'ombra;
- disegnare in grandezza naturale il triangolo rettangolo formato dallo stilo, dalla sua ombra e dal raggio solare che unisce la punta dello stilo all'estremità dell'ombra (vedi figura);
- misurare con un goniometro l'angolo acuto opposto allo stilo : esso rappresenta l'altezza del Sole, sul piano dell'orizzonte, a quella data ora.



Tutti dati vanno poi raccolti in una tabella come la seguente, che corrisponde alle rilevazioni già presentate in figura 4.

TABELLA 1 : rilevamenti del giorno 15 maggio 1987  
(lunghezza matita 10,0 cm)

ora solare	lunghezza ombra (cm)	altezza sole (gradi)
9.40	8,6	49
10.00	7,7	52
10.30	6,5	57
11.00	5,7	60
11.30	5,1	63
12.00	4,9	64
12.30	4,9	64
13.00	5,2	62,5
13.30	5,9	59,5
14.00	6,8	56
14.30	7,9	52
15.00	9,3	47
15.30	11,2	42
16.00	13,5	36,5
16.45	18,6	28
17.05	21,4	25

La figura (7), che rappresenta l'andamento dell'altezza del Sole in funzione del tempo alla stessa data, costituisce un esempio di grafici di questo tipo (1 quadretto in orizzontale -----> 2 minuti, 2 quadretti in verticale -----> 1 grado).

E' stato riscontrato che i ragazzi imparano presto, e si divertono, a costruire tali grafici, prendendo così dimestichezza con uno strumento potente, e oggi assai diffuso, per la descrizione di grandezze variabili. Il momento si presta anche per esercitare i ragazzi alla lettura del grafico, individuando l'altezza del Sole ad una determinata ora, oppure l'ora corrispondente ad una determinata altezza.

Si possono anche risolvere problemi mediante il grafico, per esempio cercando di stabilire se esiste un qualche momento della giornata, e in tal caso determinare quale o quali, in cui la lunghezza dell'ombra eguagli quella dello stilo; susciterà notevole interesse poi la proposta di controllare il risultato ricavato dal grafico mediante una osservazione diretta accompagnata dalle opportune misurazioni. E' opportuno, a questo punto, far osservare ai bambini che quando l'ombra ha la stessa lunghezza dello stilo, lo stesso accade per qualunque altro oggetto verticale, loro compresi.

Vi è anche un particolare interessante che può essere affrontato, ma solo con i ragazzi dell'ultima classe.

Nel grafico di figura 7 si osserva che il Sole culmina dopo le ore 13, ora legale, cioè dopo le 12, ora solare: il mezzogiorno solare non sembra coincidere con quello dell'orologio, perchè si presenta in ritardo rispetto a quest'ultimo di una decina di minuti. Anche nella figura 4, del resto, si nota che la direzione Nord - Sud, corrispondente a quella dell'ombra di minima lunghezza, non coincide con quella dell'ombra segnata alle ore 12, ma cade circa ad un terzo dell'angolo tra l'ombra delle 12 e l'ombra delle 12.30.

Il fenomeno dipende, un poco dalla non perfetta regolarità del moto del sole, molto dalla locazione geografica di Mantova il cui meridiano, come si può osservare su una mappa, è spostato verso Greenwich rispetto al meridiano centrale del fuso orario cui appartiene l'Italia. Tale spostamento supera i 4° e, per descrivere tale angolo, il Sole impiega circa 17 minuti. Se i bambini hanno già studiato in geografia i fusi orari, è possibile spiegare loro il motivo per cui il sole a Mantova culmina generalmente in ritardo rispetto all'ora segnata dall'orologio che è la stessa in ogni punto del fuso orario.

La stessa cosa si osserva anche nelle rilevazioni riportate nelle altre figure, salvo il fatto che l'ora della massima altezza del Sole sul piano dell'orizzonte (mezzogiorno vero) non è sempre la stessa: ciò è una conferma della non perfetta regolarità del moto solare, poichè l'astro in certi periodi anticipa e in altri ritarda.

Per maggiore evidenza, nella figura 8 sono stati riportati in grafico, oltre ai valori dell'altezza del sole misurati il 15 maggio, anche quelli ottenuti dalle figure (1), (5), (6), corrispondenti a giornate di mesi diversi, in particolare le ultime due che cadono in prossimità degli equinozi.

Gli anticipi e i ritardi del sole nei diversi periodi dell'anno sono descritti da una curva nota come equazione del tempo; in questa sede non approfondiremo tali dettagli, rimandando gli interessati ai testi (4), (5) citati in bibliografia.

### C. Variazione annuale dell'altezza delle ore 12

Un altro fatto che in figura 8 si osserva molto bene è che l'al-

tezza del Sole, a una determinata ora del giorno, cambia col passare dei mesi. Se si fissa l'attenzione sulle ore 12, si trova che l'altezza in maggio è risultata circa 64°, in marzo e settembre circa 45°, in ottobre circa 35°.

Si tratta di fare comprendere al bambino che si è reso conto del variare dell'altezza del Sole sull'orizzonte con il trascorrere delle ore, che questo è un aspetto di un fenomeno più generale: il Sole descrive, durante la giornata, un arco nel cielo da Est verso Ovest e questo arco si alza lentamente, passando dall'inverno all'estate, e poi si riabbassa lentamente, dall'estate all'inverno.

Anche questo fenomeno può essere studiato senza particolari difficoltà con una serie di osservazioni sistematiche. Basta rilevare, con la stessa tecnica illustrata in precedenza, la lunghezza dell'ombra di uno stilo alle ore 12, oppure alle 12.15, ogni settimana o dieci giorni, per tutta la durata del periodo scolastico. Si avrà l'avvertenza di fare registrare ai ragazzi ogni volta le misure, disegnando il triangolo rettangolo avente per cateti lo stilo e la sua ombra, misurando l'angolo acuto corrispondente all'altezza del Sole, riportando il suo valore in un grafico come quello di figura 9.

Nella tabella che segue sono riportate una parte delle misure effettuate negli anni 1986 e 1987 dai bambini di una quinta elementare che sono state rappresentate nel grafico di figura 9.

TABELLA 2 : rilevamenti relativi all'ombra delle ore 12  
(lunghezza matita 9,0 cm)

data	lunghezza ombra (cm)	altezza sole (gradi)
28 nov 1986	19,3	25
15 dic	20,6	23,5
21 dic	21,1	23
8 gen 1987	20,5	23,5
9 gen	20,5	23,5
30 gen	17,0	28
31 gen	17,0	28
23 feb	12,5	36
5 mar	10,5	40
11 mar	10,0	43
13 mar	9,8	43,5
16 mar	9,1	44
18 mar	9,0	45
21 mar	8,5	46
23 mar	8,2	48
31 mar	7,6	50,5
18 apr	6,0	57
6 mag	4,5	64
7 mag	4,5	64
22 mag	3,8	67
12 giu	3,5	69
17 giu	3,5	69

E' utile e interessante costruire alcuni cartelloni contenenti:

- una serie di segmenti paralleli, di lunghezza uguale a quella delle diverse ombre alle varie date,
- una serie di triangoli d'ombra relativi alle diverse misurazioni con evidenziato l'angolo corrispondente all'altezza del Sole,

- un grande grafico del tipo di quello in figura 9.

Alla fine dell'anno scolastico si potranno segnare sui grafici i giorni dei solstizi d'inverno e d'estate, quando la massima altezza del Sole sull'orizzonte raggiunge rispettivamente il minimo e il massimo valore, e degli equinozi di primavera e d'autunno, così chiamati perché il dì e la notte hanno uguale durata. È interessante notare che a Mantova il giorno degli equinozi l'altezza massima del Sole, a mezzogiorno, è  $45^\circ$ , per cui in quei giorni, a quell'ora, l'ombra avrà la stessa lunghezza dello stilo; e la stessa cosa accadrà a qualunque altro oggetto verticale, come un bastone, un bambino, un albero, ecc.

Si tenga presente che l'analisi del fenomeno è stata fatta senza prendere in considerazione le irregolarità del moto del Sole a cui si è accennato prima: ciò per evitare complicazioni inutili, date le minime differenze che tali irregolarità comportano.

#### D. Durata del dì e della notte

La variazione dell'altezza massima del Sole col passare dei mesi si accompagna ad un altro fenomeno molto noto: la variazione della durata delle ore di luce e di buio.

Vale la pena anche qui di ricorrere ad una rappresentazione grafica come quella presentata in figura 10, dove le ore di buio sono colorate in scuro e le ore di luce in chiaro. Per fare il grafico occorre conoscere l'ora del sorgere e l'ora del tramontare del Sole in determinati giorni dell'anno. Tali dati sono di solito riportati sui quotidiani, ad esempio "La Gazzetta di Mantova": tuttavia, nel periodo dell'ora legale bisogna ricordarsi di togliere un'ora.

In tabella sono riportate le ore dell'alba e del tramonto al primo di ogni mese, come sono state registrate nell'anno 1988; ad esse si aggiungono anche quelle dei solstizi e degli equinozi.

TABELLA 3 : ora del sorgere e del tramontare del Sole a Mantova nell'anno 1988

giorno	ora (sorge)	ora (tramonta)
1 gennaio	7.57	16.43
1 febbraio	7.39	17.22
1 marzo	6.56	18.03
21 marzo	6.19	18.29
1 aprile	5.58	18.43
1 maggio	5.07	19.21
1 giugno	4.34	19.55
21 giugno	4.31	20.06
1 luglio	4.35	20.06
1 agosto	5.04	19.43
1 settembre	5.41	18.53
23 settembre	6.07	18.11
1 ottobre	6.17	17.56
1 novembre	6.58	17.04
1 dicembre	7.37	16.35
21 dicembre	7.54	16.36

## E. Una meridiana orizzontale

In figura 11 è riportata la figura di una meridiana orizzontale, disegnata per la latitudine di Mantova, che può essere facilmente realizzata con le seguenti operazioni:

- ritagliare il triangolo della gnomone dopo averlo incollato su un pezzo di cartone o di lamierino leggero;
- realizzare con un po' di plastilina, o con un pezzetto di legno, un supporto che consenta di mantenere la gnomone verticale, appoggiato sul cateto OG;
- incollare il resto della figura del quadrante su un'assicella.

La meridiana va disposta su un piano orizzontale, e orientata in modo che la retta di mezzogiorno, passante anche per G e per O, giaccia nella direzione Nord - Sud con il punto O rivolto a Sud. La gnomone va collocato in corrispondenza del segmento orientato OG con il cateto verticale PG rivolto verso le linee del quadrante come indicato dalla freccia. L'ora è indicata dall'ombra dell'ipotenusa.

È consigliabile mostrare la meridiana ai bambini dopo lo studio delle ombre e del moto del Sole, perchè solo allora saranno in grado di comprendere il significato di un orologio solare: va ricordato che esso risente sia della posizione geografica del luogo, per cui a Mantova ritarda di quasi 17 minuti rispetto all'ora civile solare e di quasi 77 minuti rispetto all'ora civile legale, sia delle irregolarità del moto del Sole.

## TERZA ESERCITAZIONE PRATICA : osservazioni del cielo stellato

L'osservazione a occhio nudo del cielo e il riconoscimento delle costellazioni sono abitudini antichissime che l'uomo moderno ha perduto, perchè non gli sono più necessarie come un tempo. Anche l'illuminazione artificiale e l'inquinamento atmosferico ostacolano questo tipo di osservazione che va fatta generalmente di sera e in zone non illuminate.

Tuttavia i ragazzi sono molto interessati e volentieri si prestano ad uscire una mezz'ora, la sera, eventualmente accompagnati dai genitori, per cercare di riconoscere le principali costellazioni e le stelle più luminose.

Per imparare ad osservare il cielo basta abituarsi a guardarlo con l'aiuto di una mappa sufficientemente curata come quelle degli atlanti stellari usati dagli astrofili o quelle pubblicate sulle riviste di astronomia. In bibliografia sono dati alcuni riferimenti.

Esistono anche delle cassette registrate che illustrano con molta chiarezza il cielo nelle diverse stagioni.

Se, dopo avere imparato a riconoscere alcune costellazioni, si fanno osservazioni con una certa regolarità ci si accorge che :

- le stelle e le costellazioni si spostano nel cielo da oriente a occidente, col trascorrere delle ore, e compiono un giro completo in un giorno (per la precisione in 23 ore e 56 minuti);

- osservate sempre alla stessa ora, le stelle e le costellazioni si spostano poco a poco da oriente a occidente, col passare delle settimane e dei mesi, per cui finiscono per tramontare ad Ovest mentre nuove stelle e costellazioni sorgono ad Est; esse compiono un giro completo in un anno.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Le Guide Mondadori, 'Il cielo', testo di N. Henbest e illustrazioni di M. Raffe
- 2) A. Gigli, 'Scrutiamo l'universo', Editori Riuniti
- 3) A. Gigli, 'Le stelle ci raccontano', Editori Riuniti
- 4) J. Herrmann, 'Atlante di astronomia', Oscar Studio Mondadori
- 5) W. Schroeder, 'Astronomia pratica', Pocket Longanesi
- 6) Bourge, Lacroux, 'Il cielo a occhio nudo', Zanichelli

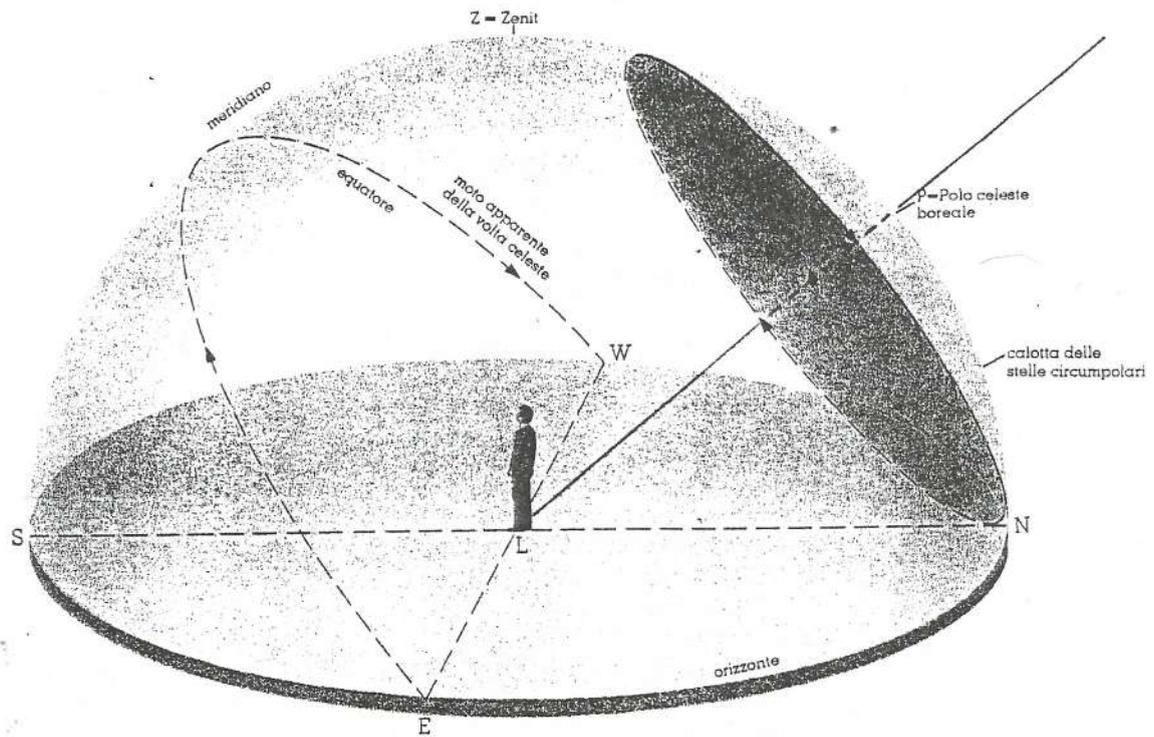
Si consiglia inoltre la rivista mensile 'L'astronomia', acquistabile in edicola, che riporta, oltre ad articoli scientifici, anche le informazioni su Luna, Sole, pianeti, e, nelle pagine centrali, la mappa del cielo di quel determinato mese.

La mappa del mese è strumento utilissimo per le osservazioni a occhio nudo del cielo.

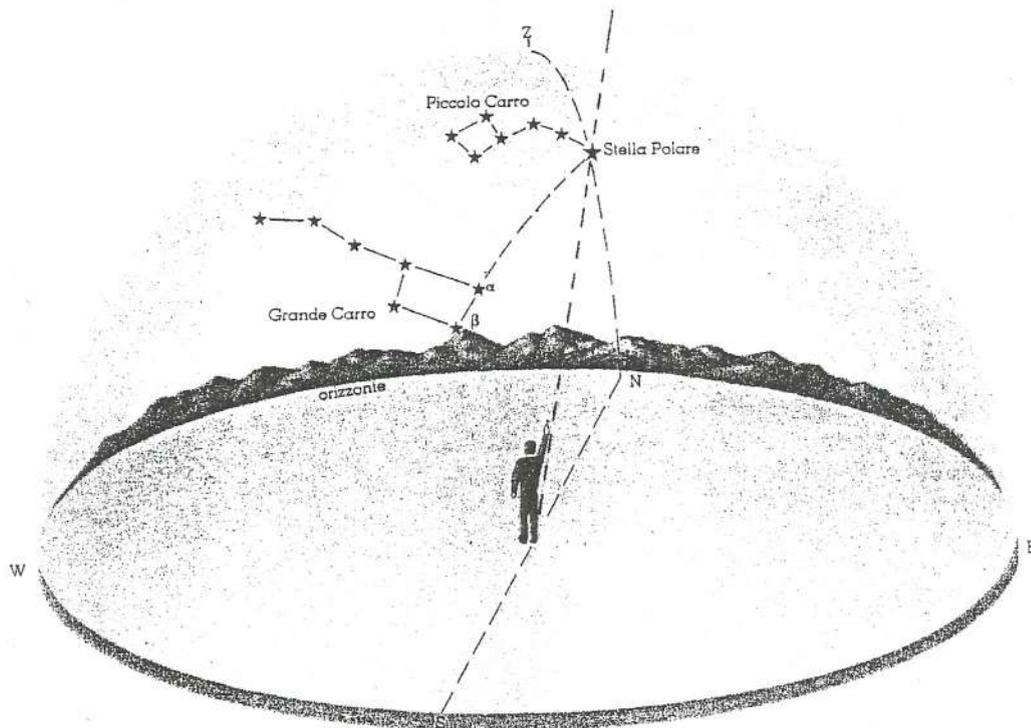
*seguono i disegni da p. 33 a p. 43*

*poi da p. 22 a pag. 32*

*poi da p. 44 a pag. 53 parte finale*

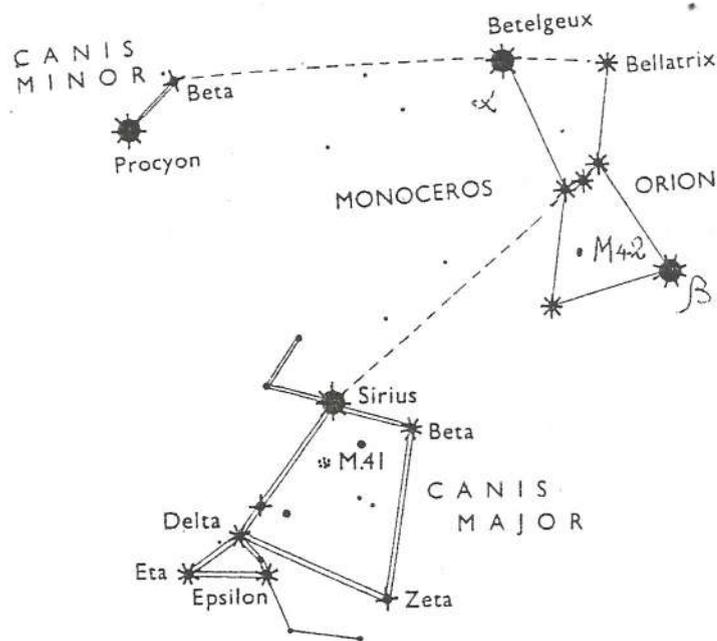


a) guardando verso Sud



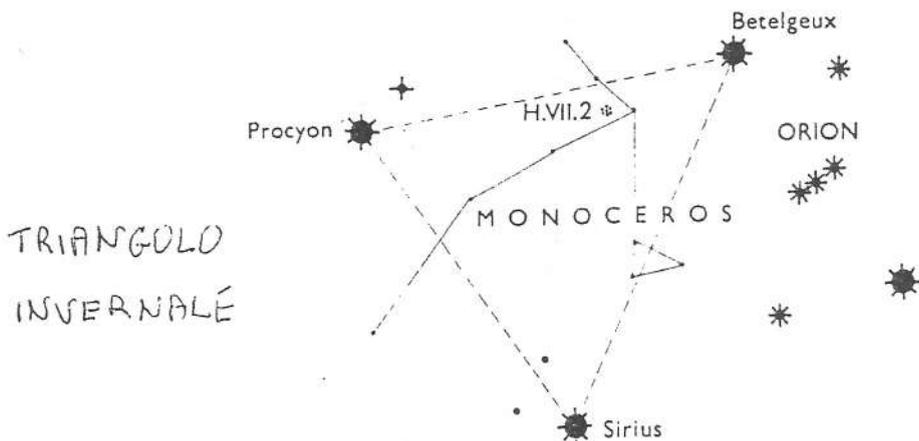
b) guardando verso Nord

# COSTELLAZIONI INVERNALI



## ORION

$\alpha$ (Betelgeuse) :	$d \approx 1000$ anni luce. (al)
$\beta$ (Rigel) :	$d \approx 860$ al
M42 (Grande Nebulosa) :	$d \approx 2000$ al



## CANIS MAJOR

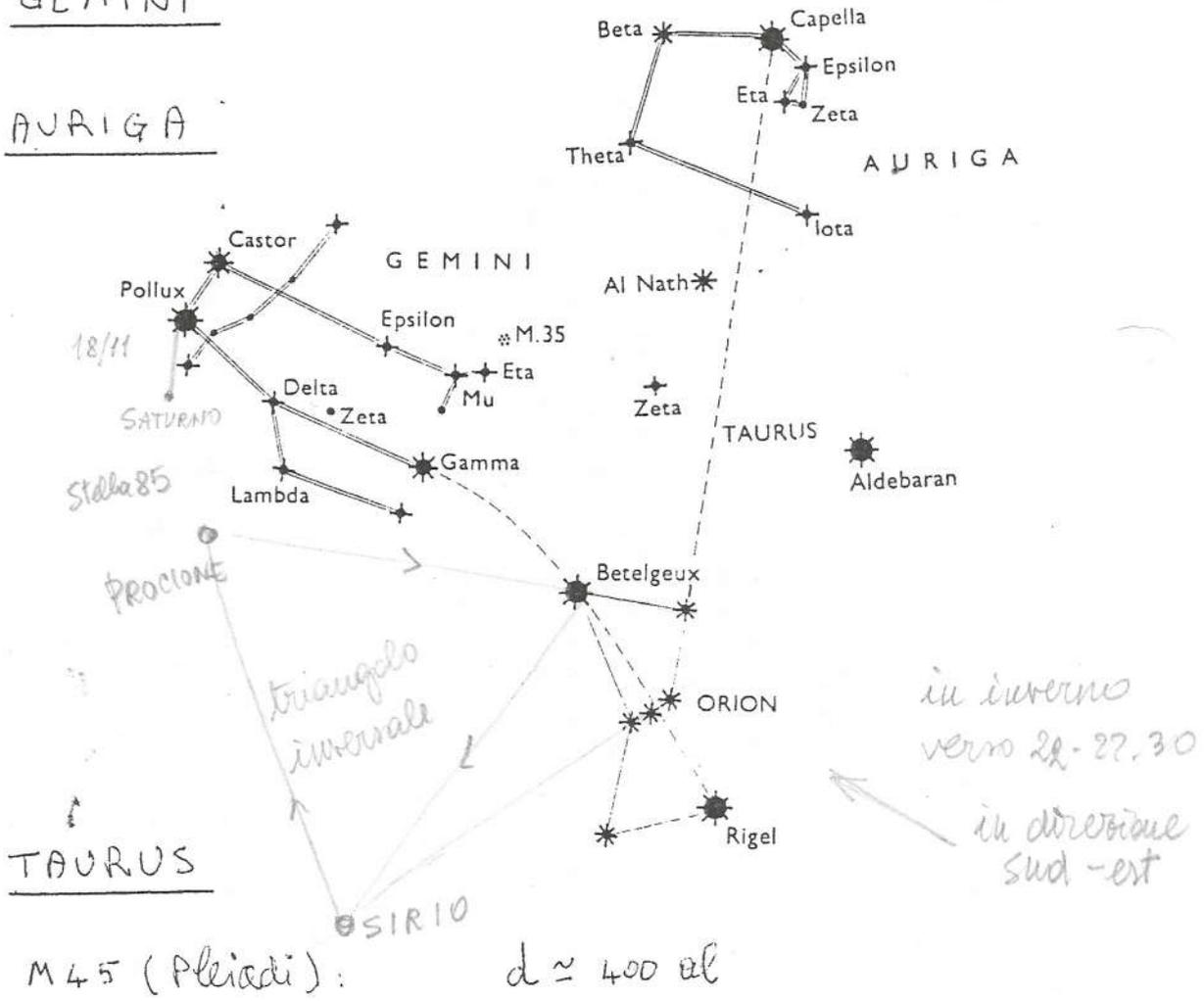
$\alpha$ (Sirio) :	$d \approx 8,64$ al
--------------------	---------------------

## CANIS MINOR

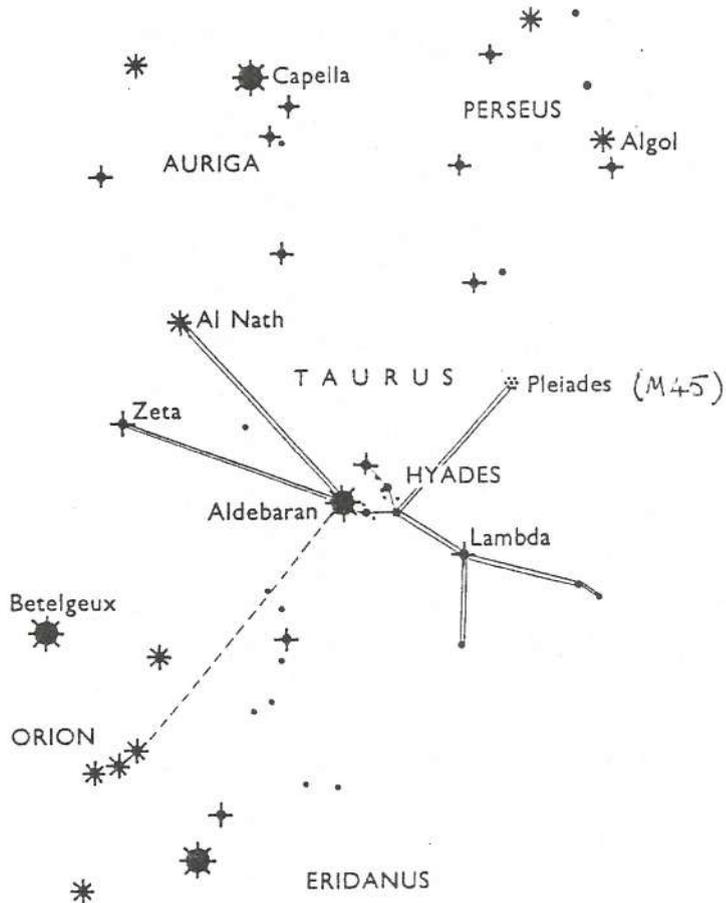
$\alpha$ (Procione) :	$d \approx 11,1$ al
-----------------------	---------------------

GEMINI

AURIGA



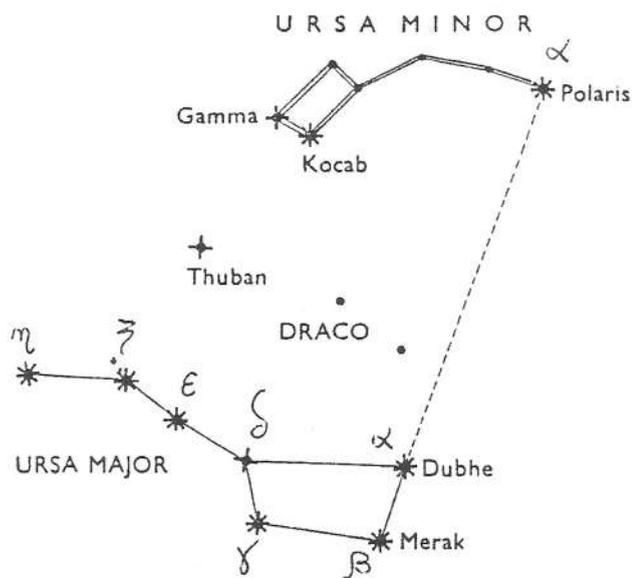
M 45 (Pleiadi):  $d \approx 400$  al



# COSTELLAZIONI DI APRILE

## URSA MINOR

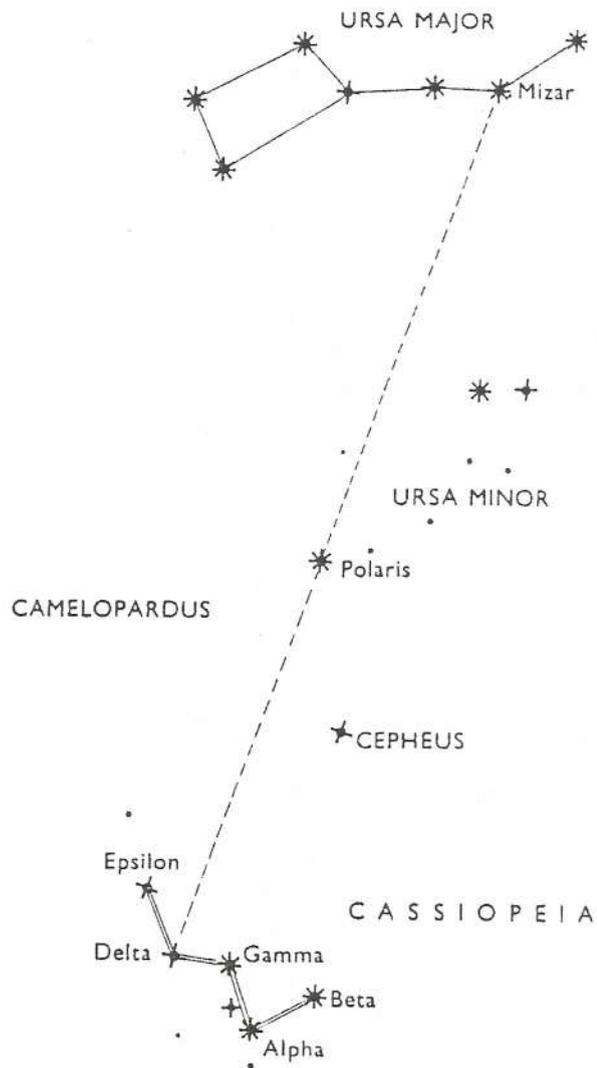
$\alpha$  (stella Polare) :  $d = 360$  anni luce (al)



## URSA MAJOR

$\alpha$	$d = 85$ al
$\beta$	(76) al
$\gamma$	(80) al
$\delta$	(76) al
$\epsilon$	360 al
$\zeta$ (Mizar + Alcor)	(74) al
$\eta$	95 al

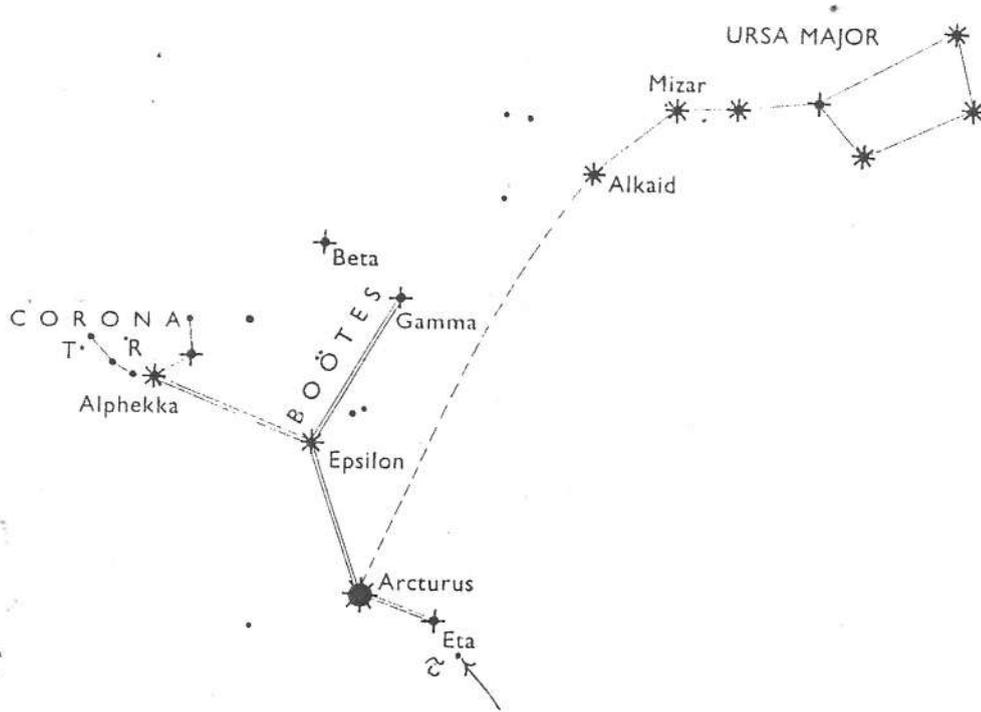
# CASSIOPEIA



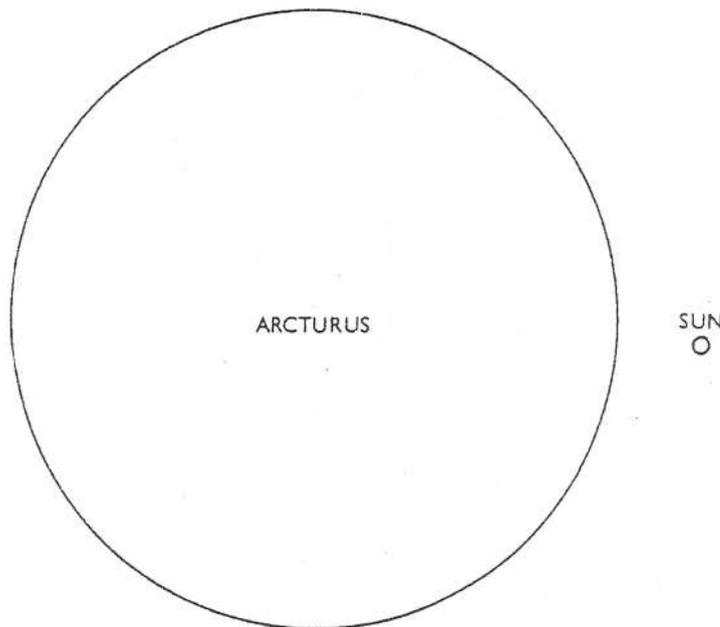
BOOTES

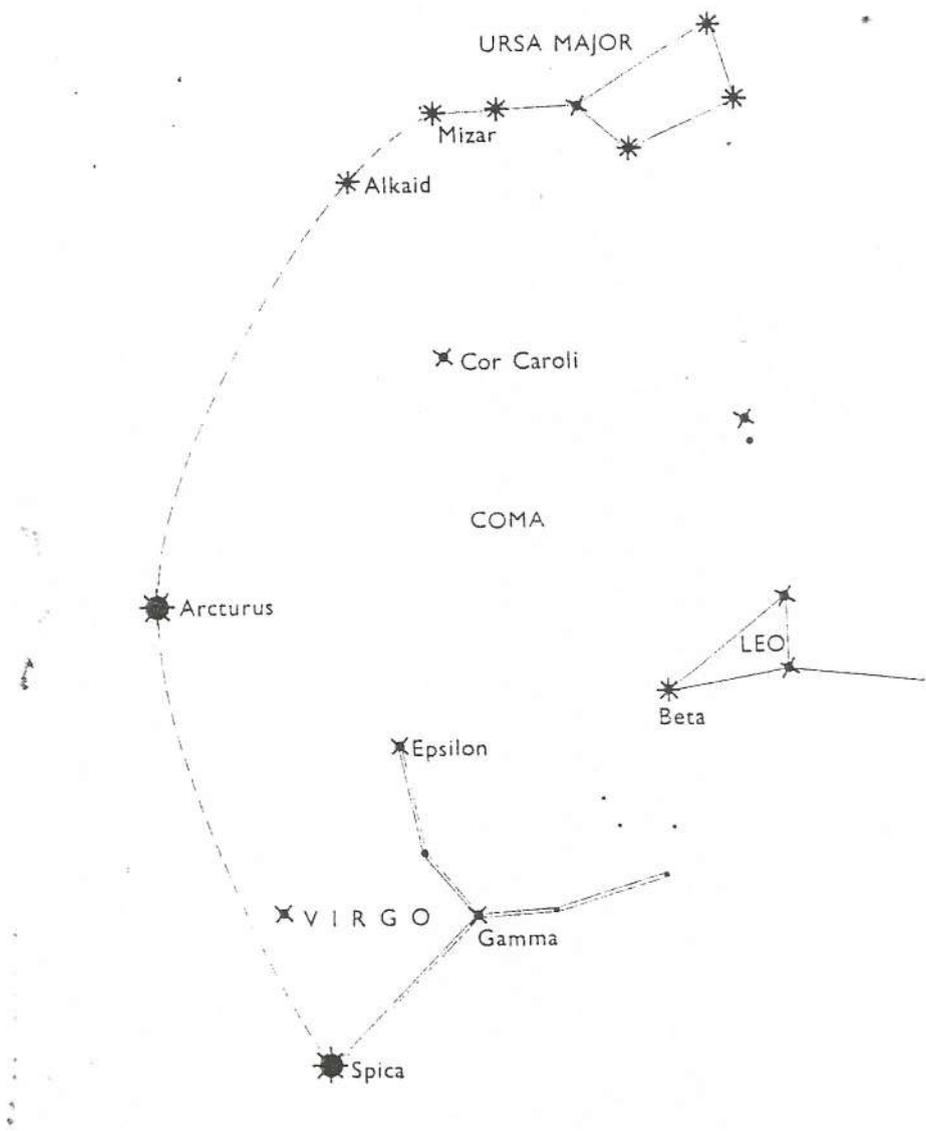
α (Arcturus)

d = 33,6 al



CORONA BOREALIS





VIRGO

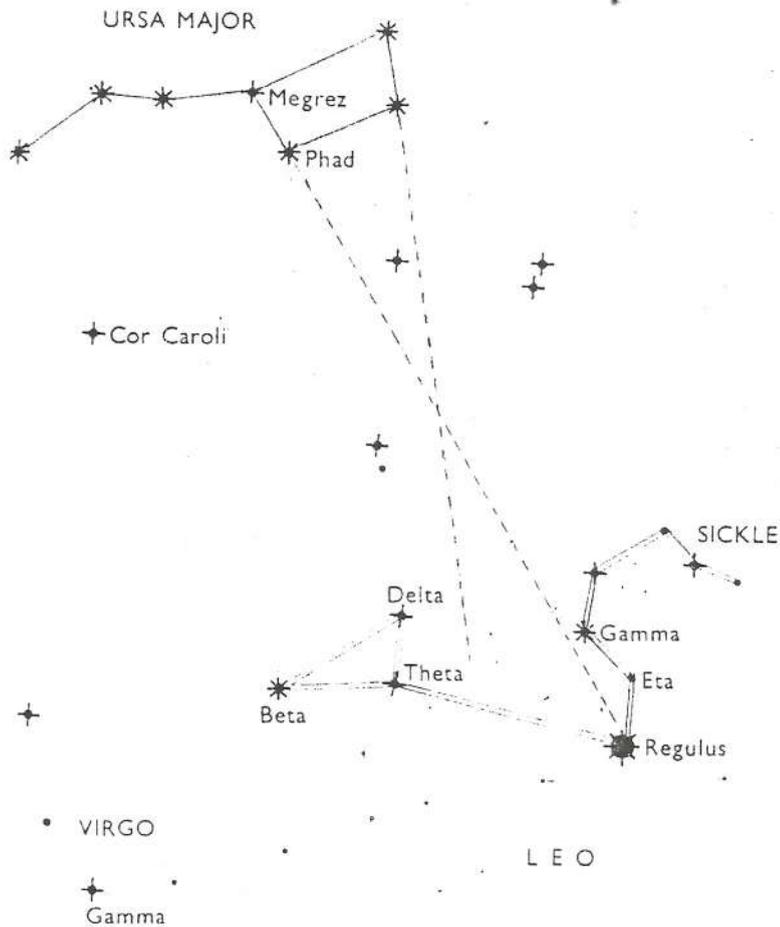
$d$  (Spica) :

$d \approx 220 \text{ al}$

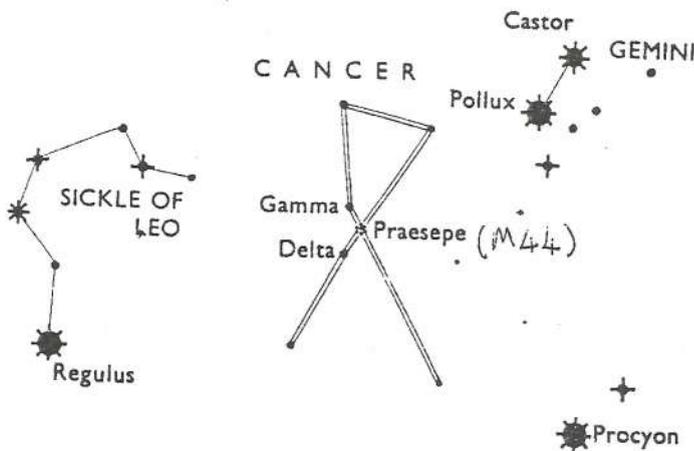
LEO

$\alpha$  (Regolo) :

$d \approx 72 \text{ al}$

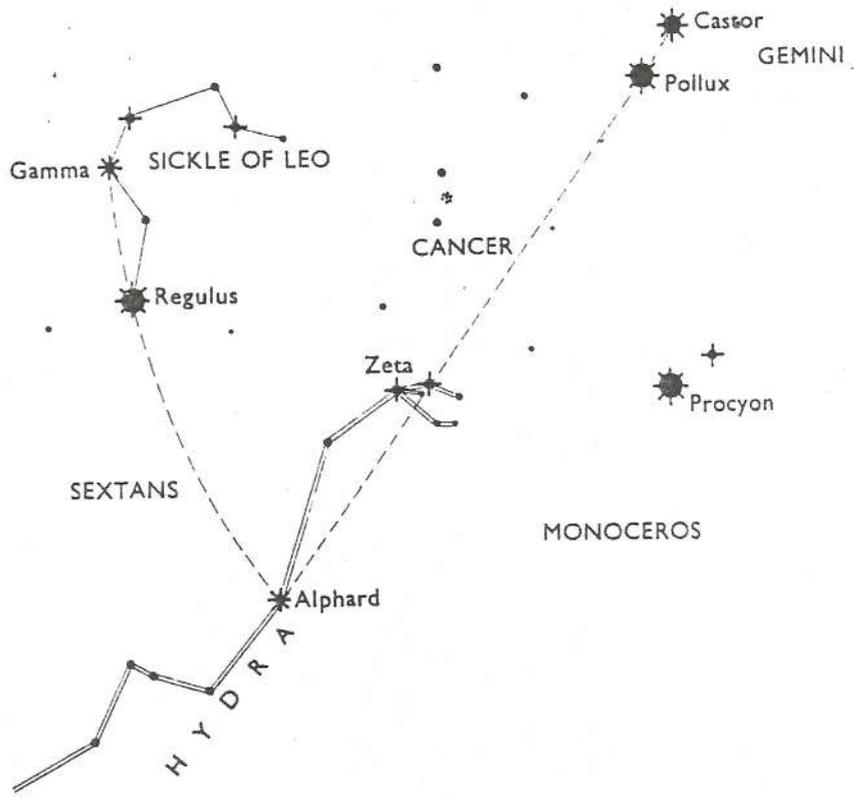


CANCER



M44 (Praesepe) :

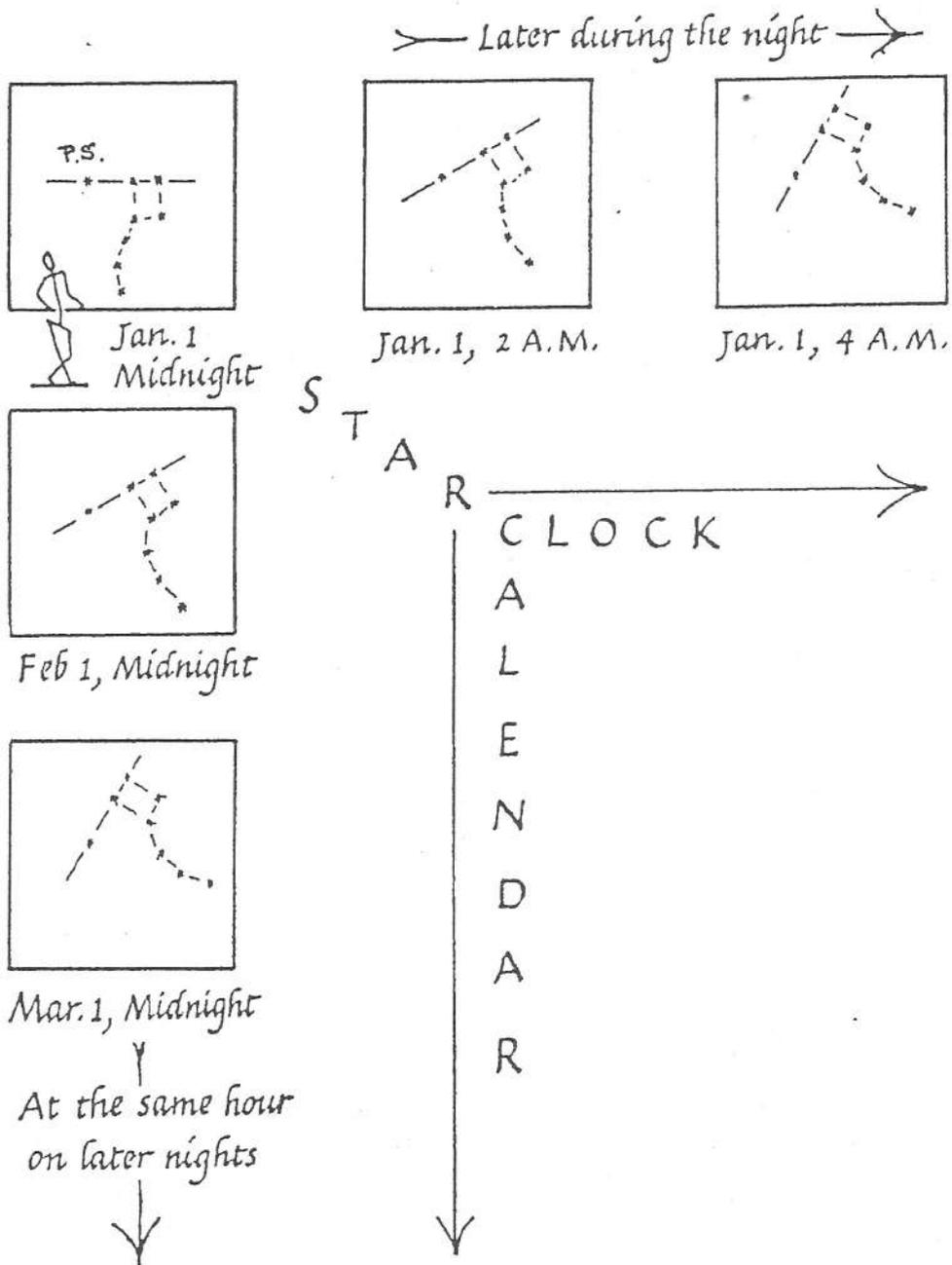
$d \approx 500 \text{ al}$



HYDRA

$\alpha$  :

$d \approx 150 \text{ al}$



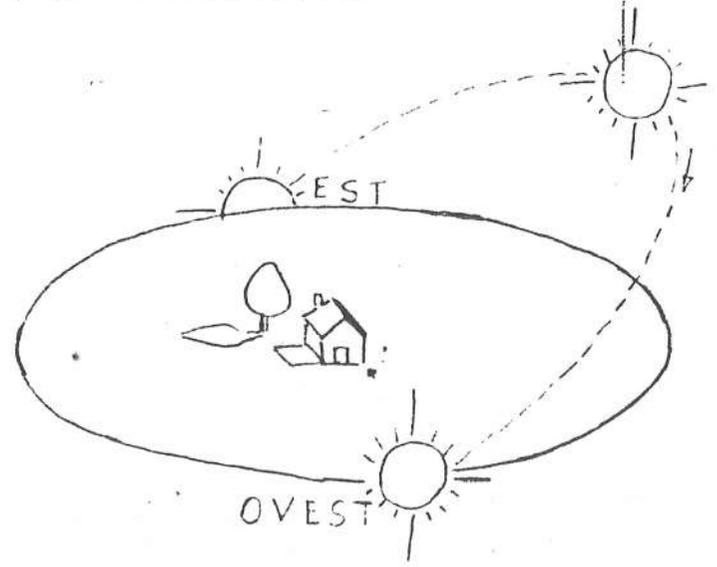
P.S. : polar star

A.M. : ante meridiem

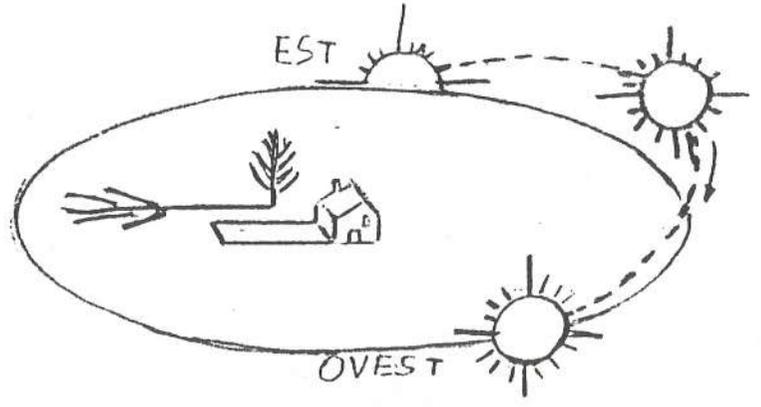
ORIZZONTALE : moto giornaliero dovuto alle rotazione delle  
Terra attorno al proprio asse

VERTICALE : moto annuale dovuto alle rivoluzione  
delle Terra intorno al Sole

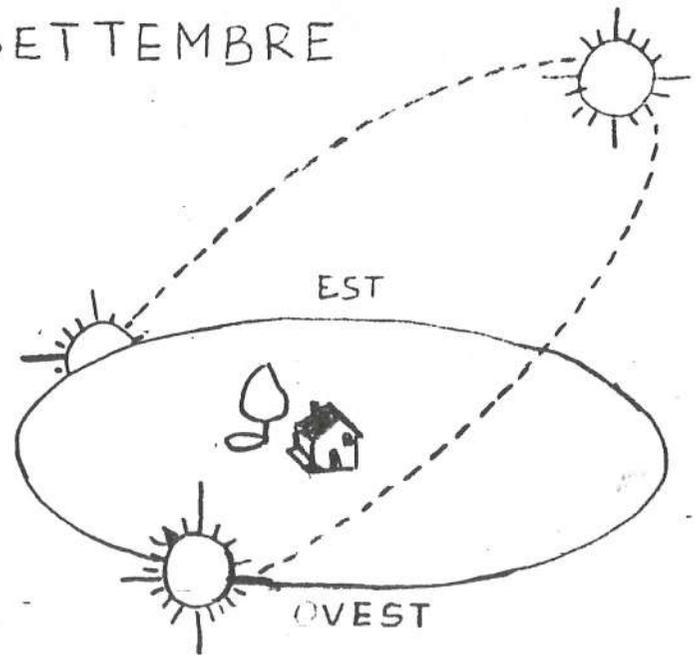
AUTUNNO : dal 23 SETTEMBRE  
AL 20 DICEMBRE



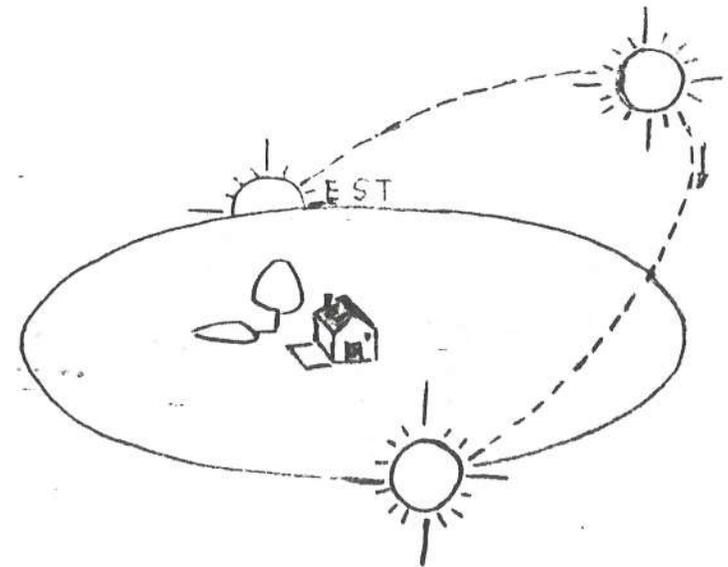
INVERNO : 21 DICEMBRE  
20 MARZO



ESTATE : 21 GIUGNO -  
22 SETTEMBRE



PRIMA VERA : 21 MARZO -  
20 GIUGNO



lunghezza dell'ombra  
 proiettata da un  
 bastoncino  
 alto 9cm  
 il giorno  
 19-10-1987  
 dalle  
 ore 8.45  
 alle  
 ore 15.15

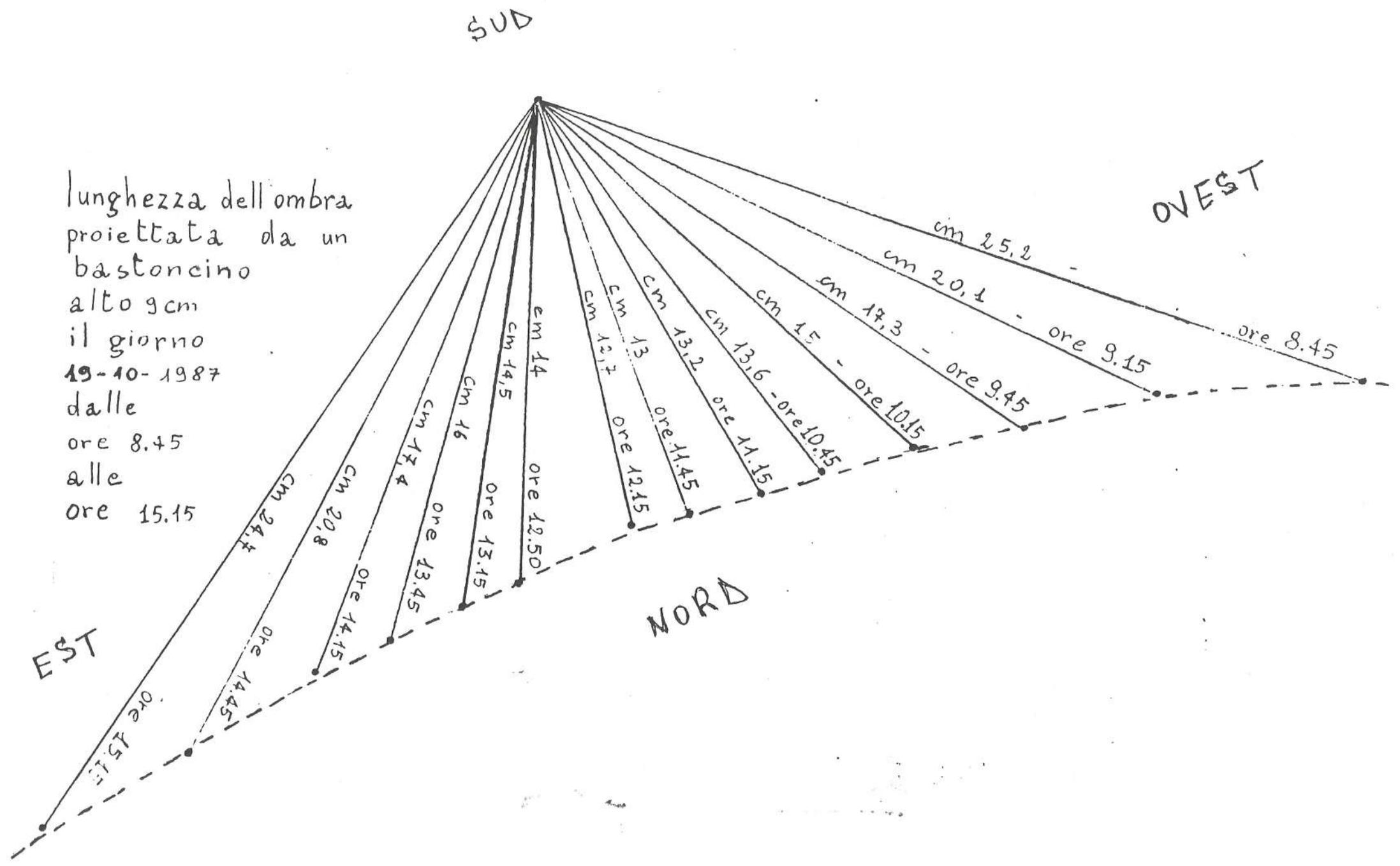
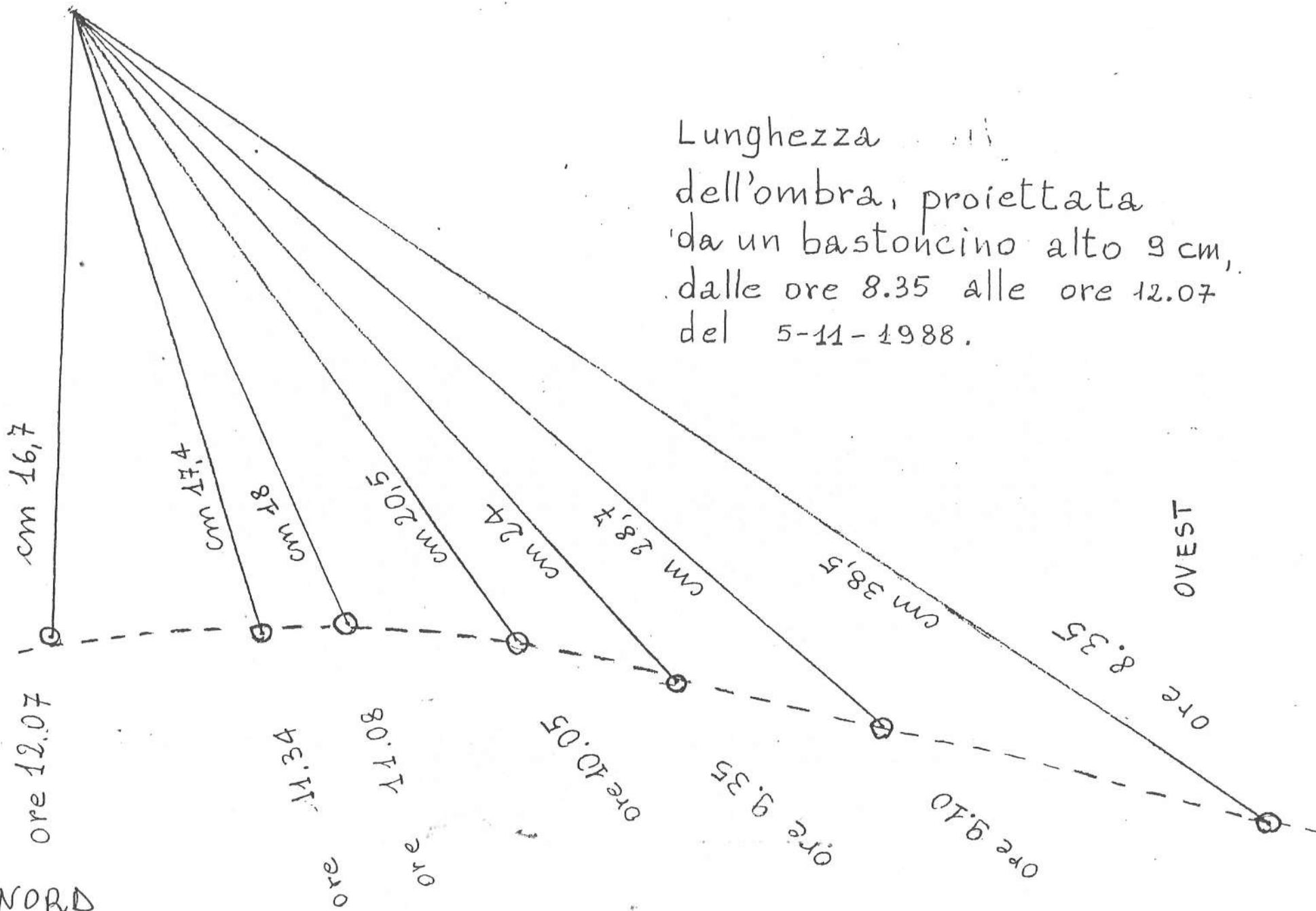


FIGURA 1

SUD

EST



Lunghezza  
 dell'ombra, proiettata  
 da un bastoncino alto 9 cm,  
 dalle ore 8.35 alle ore 12.07  
 del 5-11-1988.

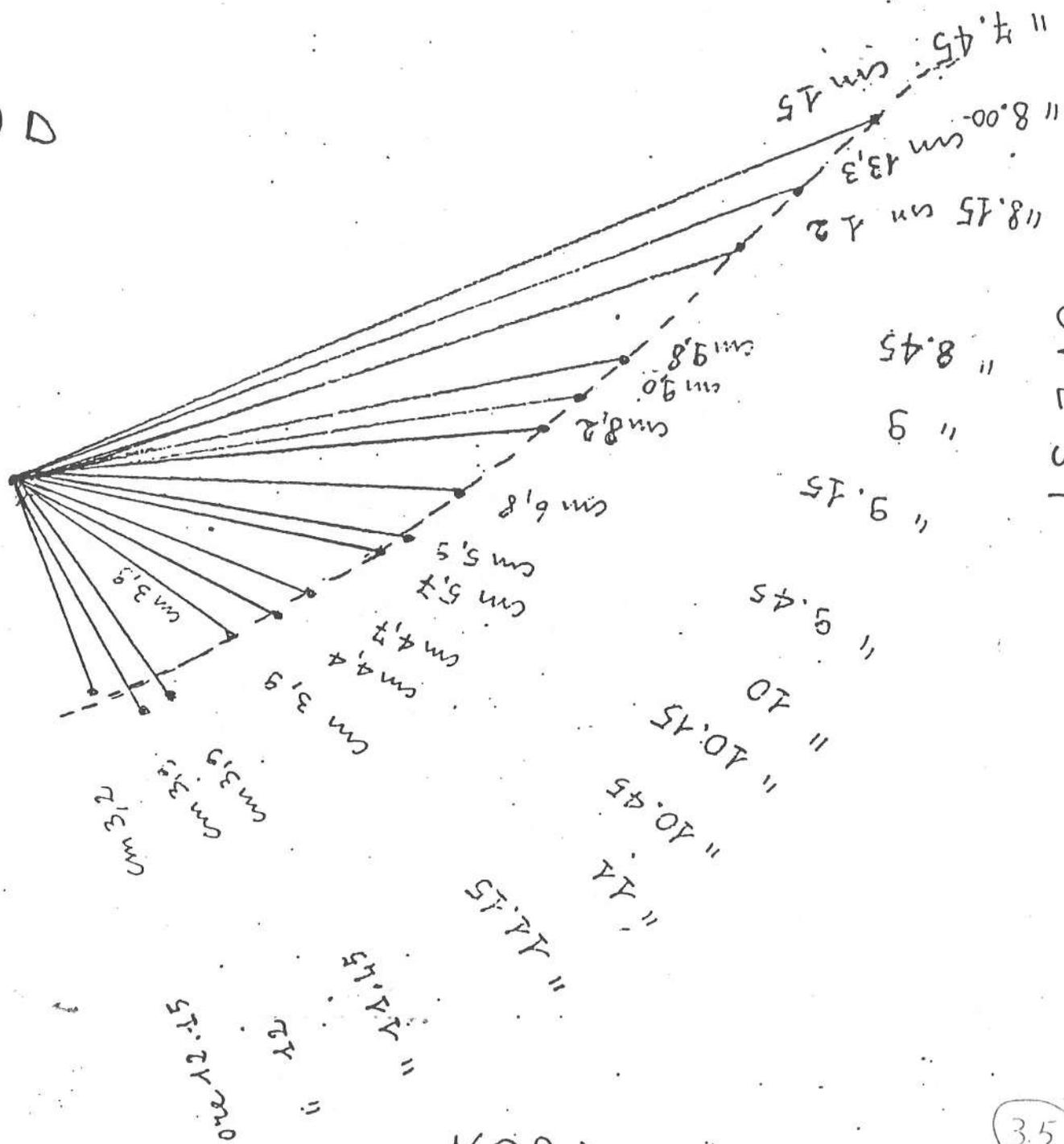
NORD

FIGURA 2

Lunghezza  
 dell'ombra  
 proiettata da  
 un bastoncino  
 alto 9 cm,  
 dalle  
 ore 7.45  
 alle  
 ore 12.15  
 del 9-6-88

SUD

EST



OVERST

FIGURA 3.

NORD

15 maggio 1987

altezza gnomone = 10,0 cm

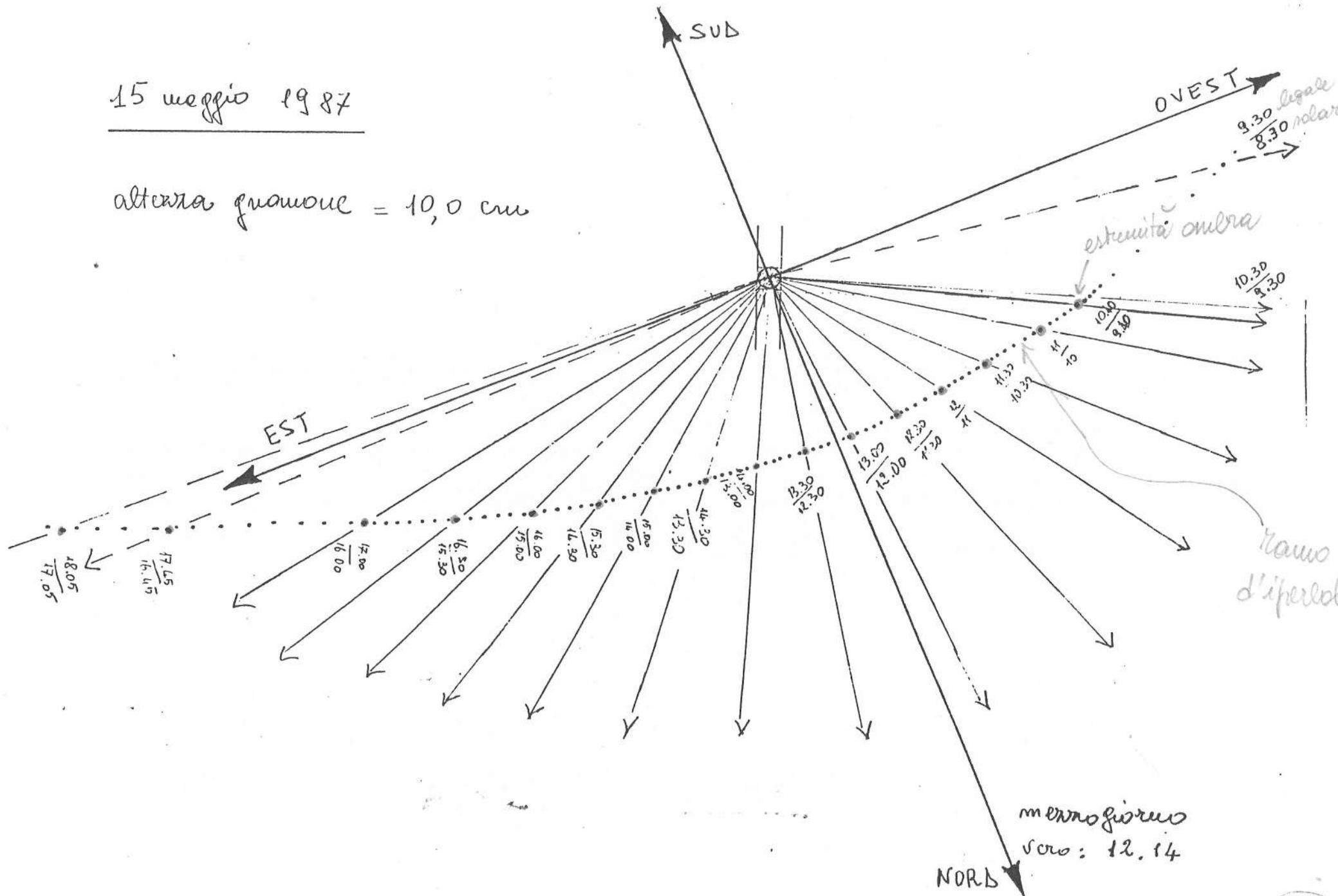


FIGURA 4

20 settembre 1987

Altezza gnomone = 11.6 cm

ora legale.

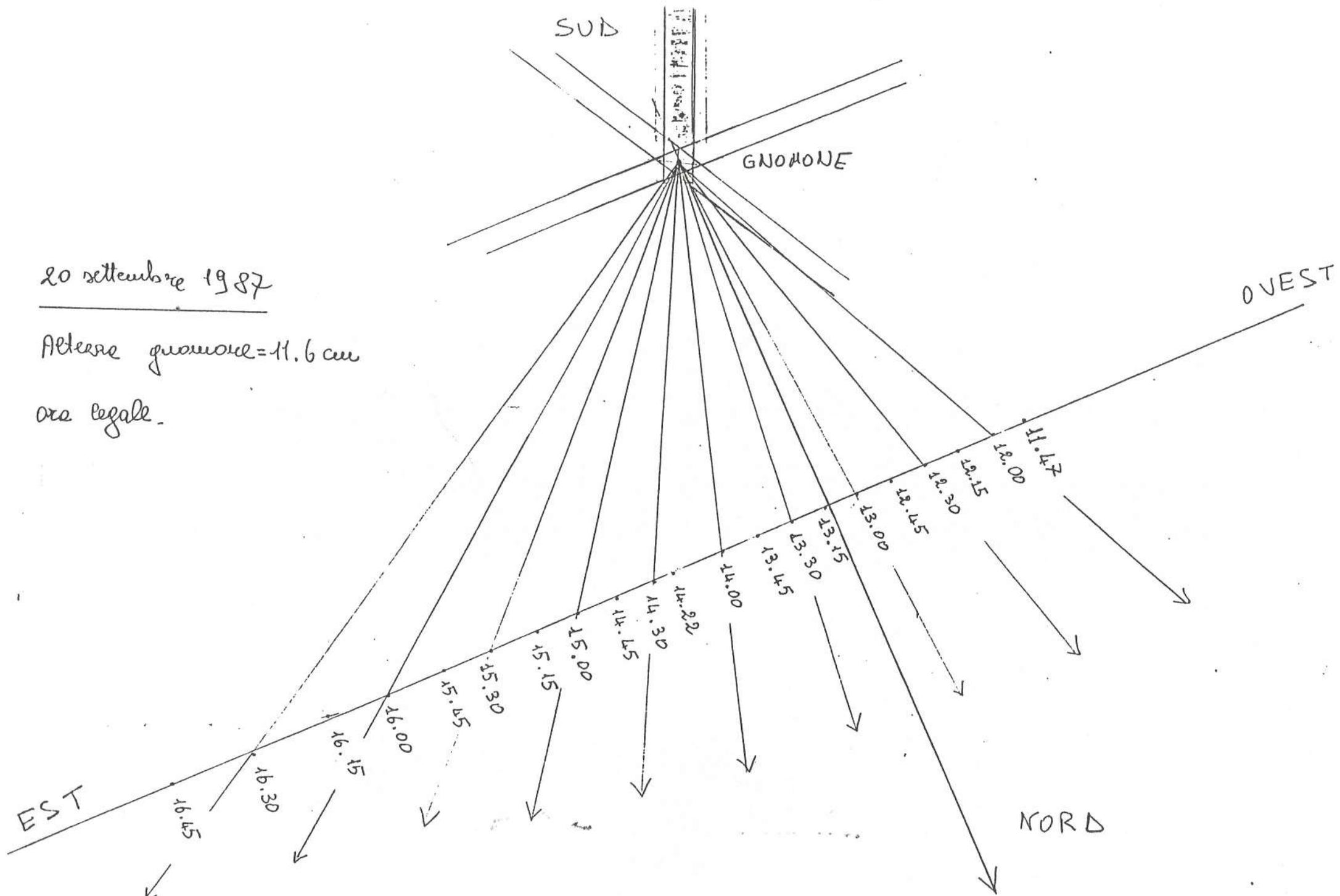
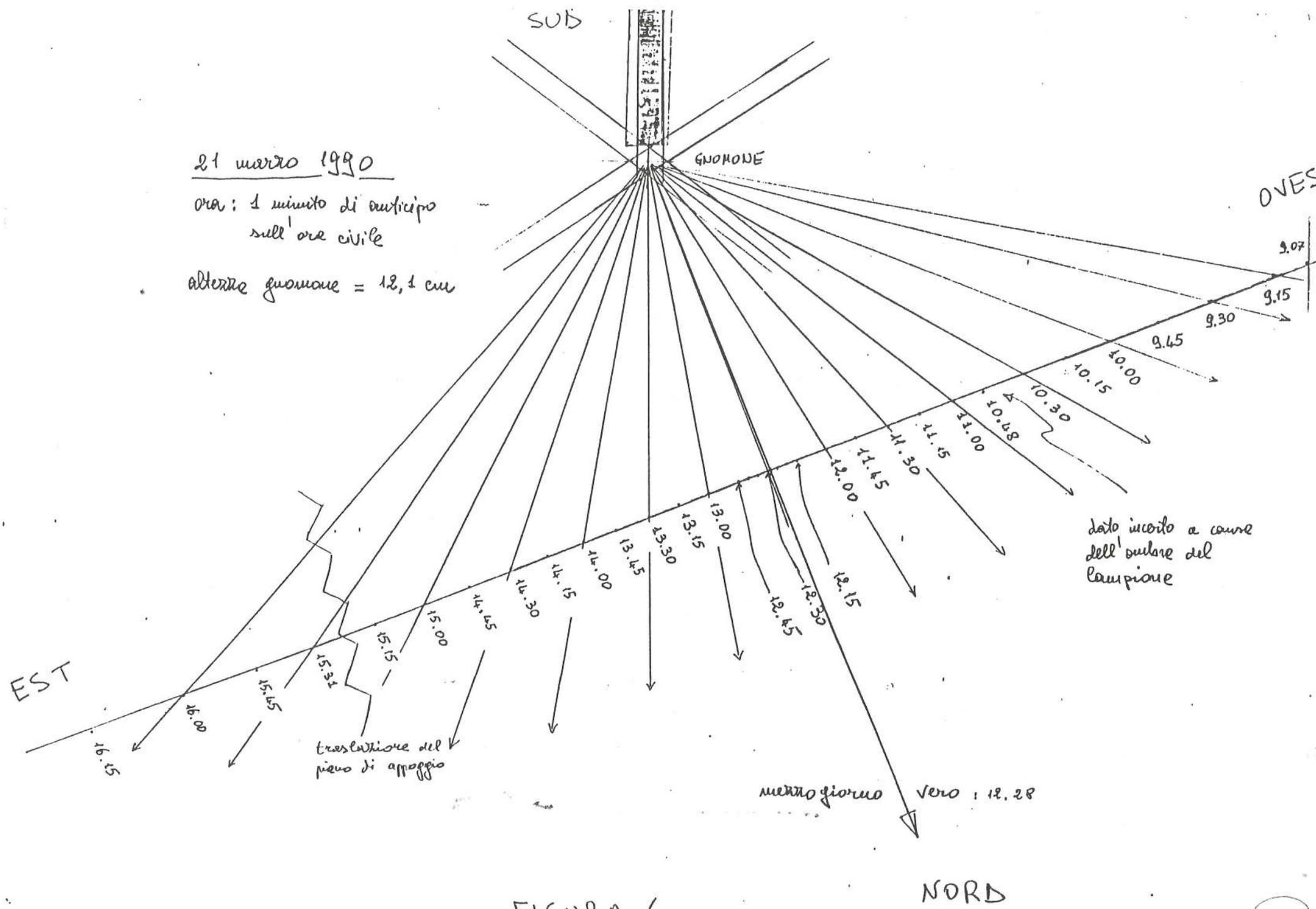


FIGURA 5

UERO giorno  
vero: 12.13



21 marzo 1990

ora: 1 minuto di anticipo  
sull'ora civile

altezza gnomone = 12,4 cm

data incisa a corso  
dell'ombra del  
campione

traslazione del  
piano di appoggio

mezzogiorno vero 12.28

FIGURA 6

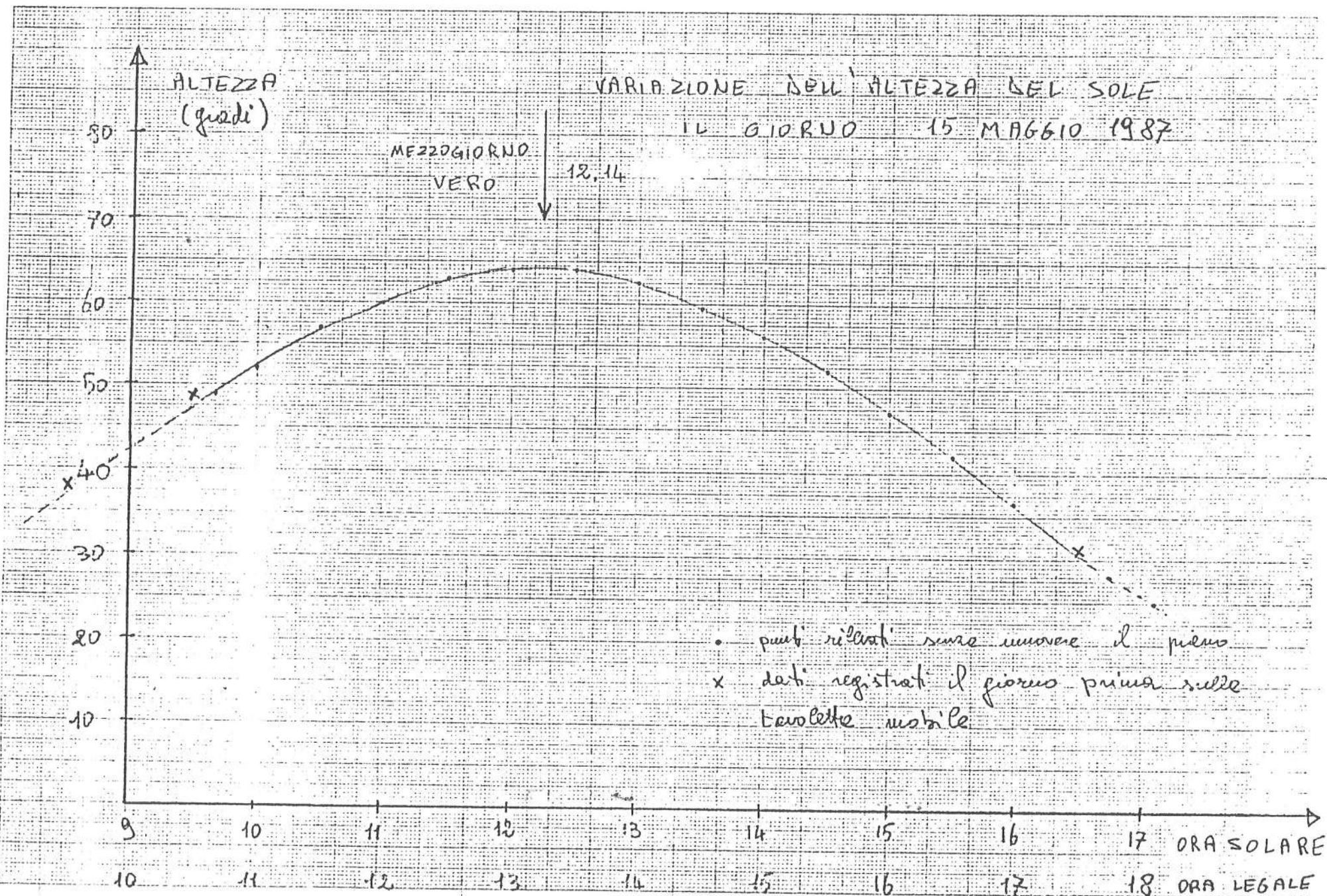


FIGURA 7

VARIAZIONE GIORNALIERA DELL'ALTEZZA  
DEL SOLE A MANTOVA IN QUATTRO GIORNI  
DIVERSI DELL'ANNO

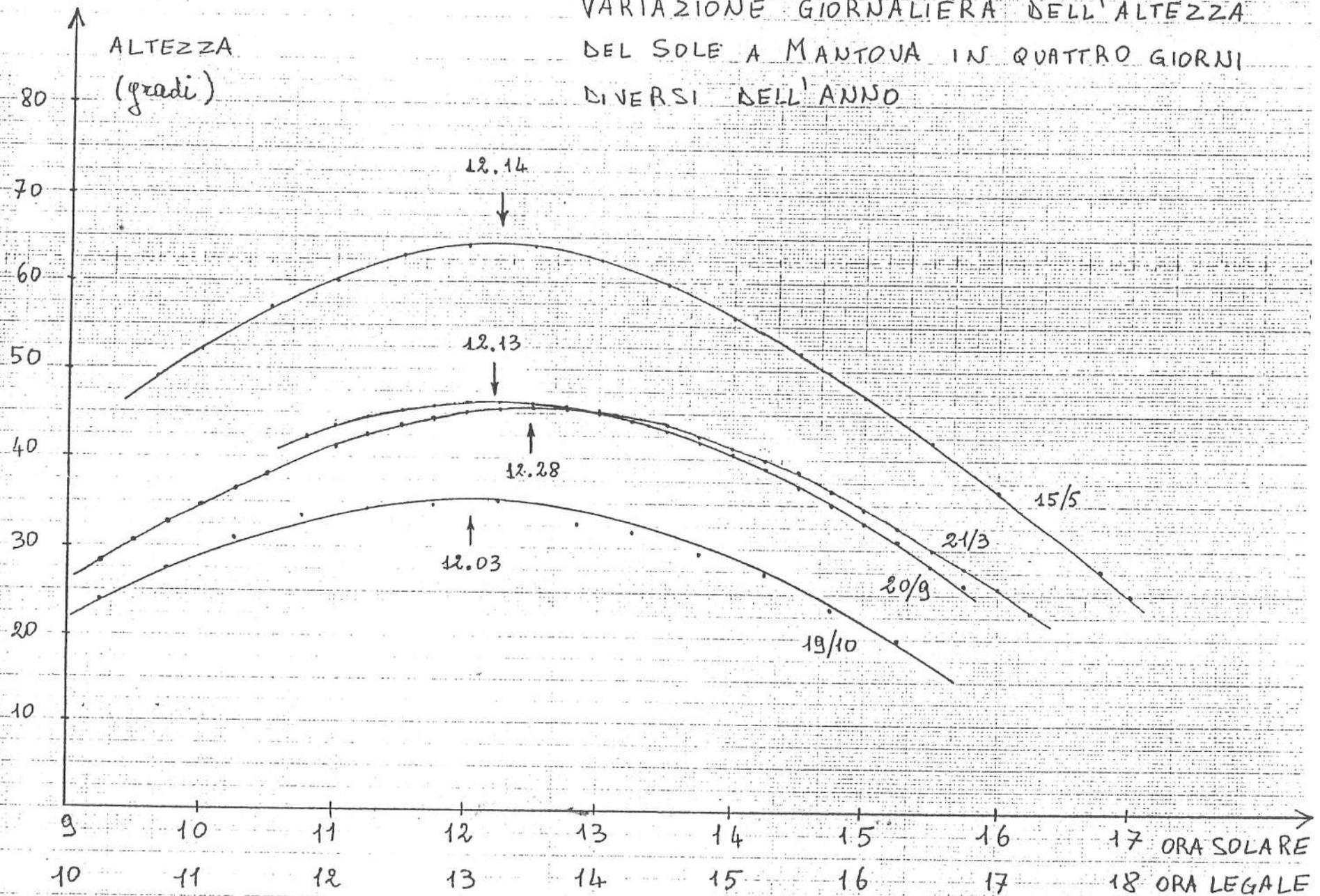


FIGURA 8

VARIAZIONE DELL'ALTEZZA MASSIMA DEL SOLE,  
NEL PERIODO SCOLASTICO DA SETTEMBRE  
A GIUGNO, MISURATA ALLE ORE 12, CIRCA  
(ANNI 1986 e 1987)

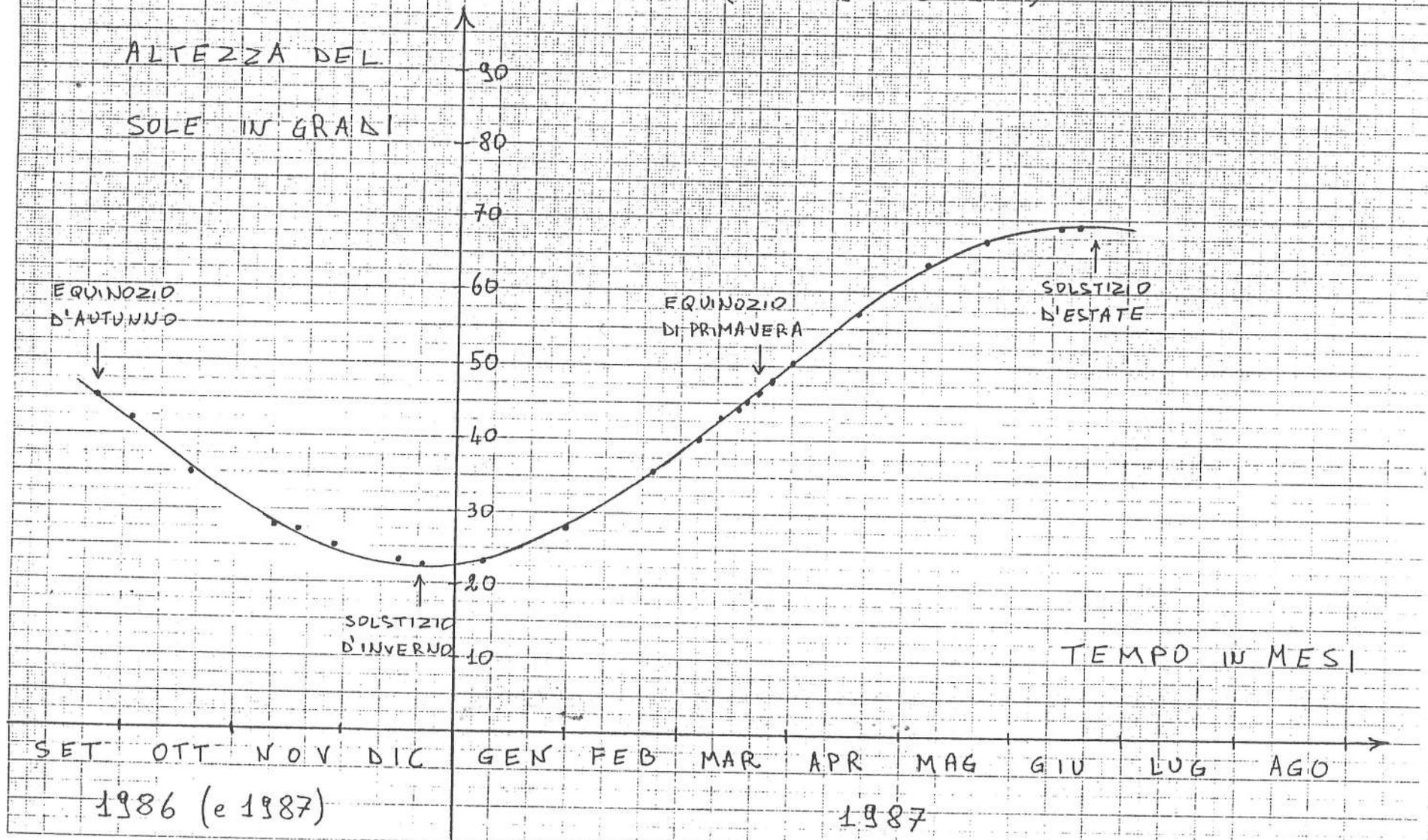
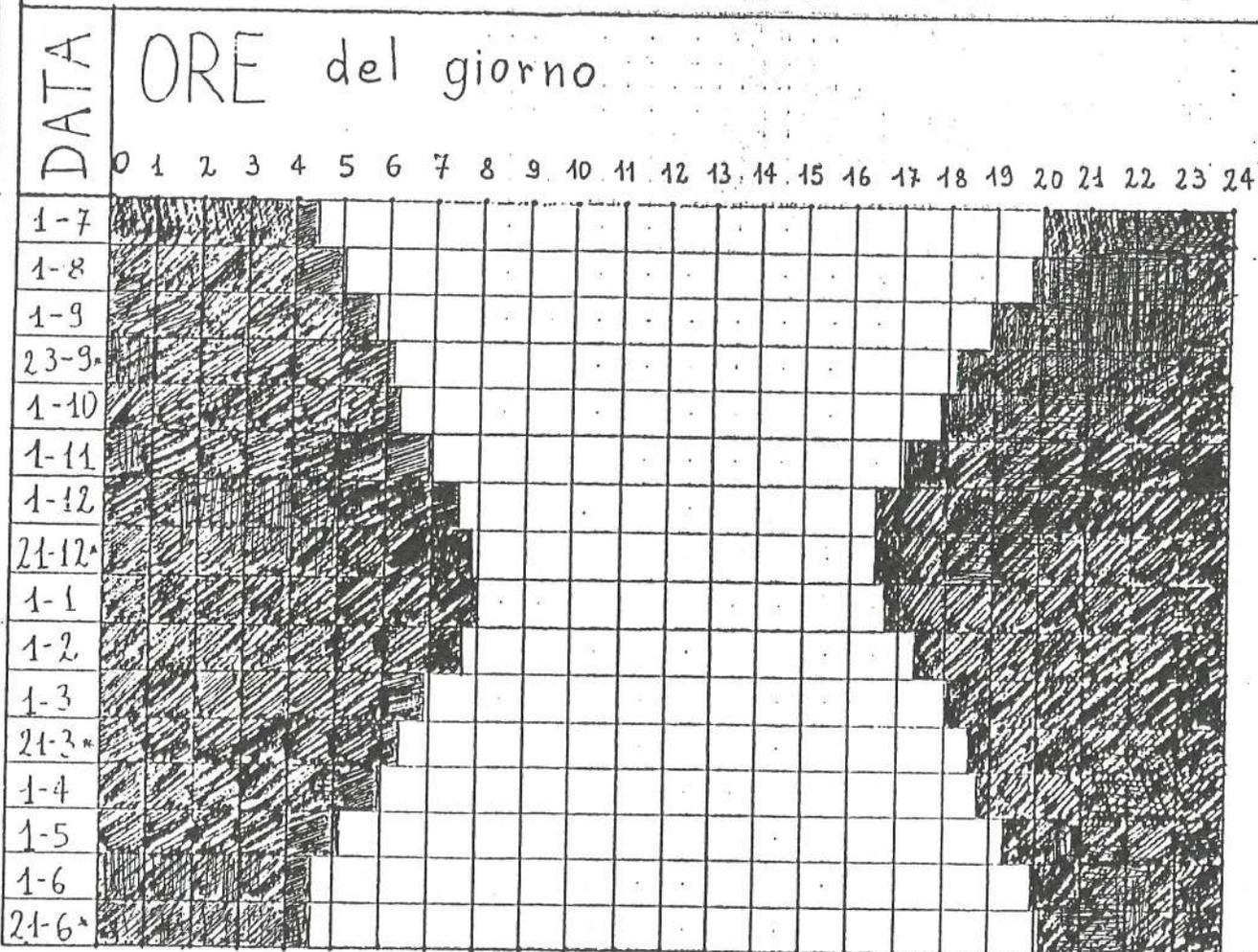


FIGURA 9

# L'AURORA E IL TRAMONTO

DATA	IL SOLE	IL SOLE
	SORGE ALLE ORE	TRAMONTA ALLE ORE
1-7	4.35	20.06
1-8	5.04	19.43
1-9	5.41	18.53
23-9*	6.07	18.11
1-10	6.17	17.56
1-11	6.58	17.04
1-12	7.37	16.35
21-12*	7.54	16.36
1-1	7.57	16.43
1-2	7.39	17.22
1-3	6.56	18.03
21-3*	6.19	18.29
1-4	5.58	18.43
1-5	5.07	19.21
1-6	4.34	19.55
21-6*	4.31	20.06

LE ORE DI LUCE (DÌ) E LE ORE DI BUIO (NOTTE) nel primo giorno di ciascun mese e di ciascuna stagione (\*).



durata del DÌ		durata della NOTTE	
N° di ore di luce	N° di ore di buio	N° di ore di luce	N° di ore di buio
15.31	8.29	15.31	8.29
14.39	9.21	14.39	9.21
13.12	10.48	13.12	10.48
12.04	11.56	12.04	11.56
11.39	12.21	11.39	12.21
10.06	13.54	10.06	13.54
8.58	15.02	8.58	15.02
8.42	15.18	8.42	15.18
8.46	15.14	8.46	15.14
9.43	14.17	9.43	14.17
11.07	12.53	11.07	12.53
12.10	11.50	12.10	11.50
12.45	11.15	12.45	11.15
14.14	9.46	14.14	9.46
15.21	8.39	15.21	8.39
15.31	8.25	15.31	8.25

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24  
ORE DEL GIORNO

QUADRANTE SOLARE ORIZZONTALE

LATITUDINE  $45^{\circ} 9' 33''$

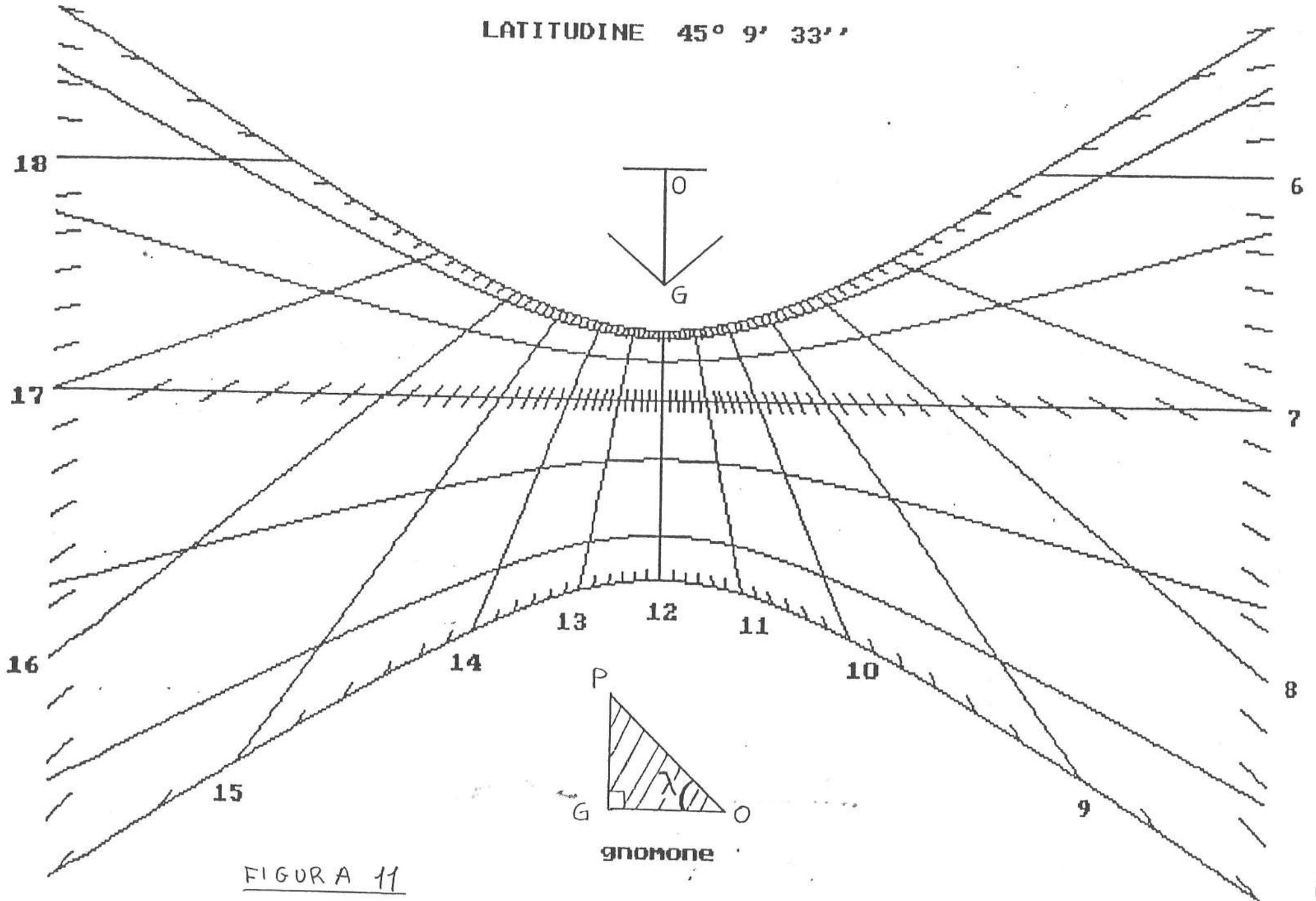
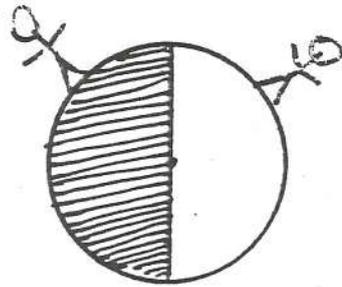
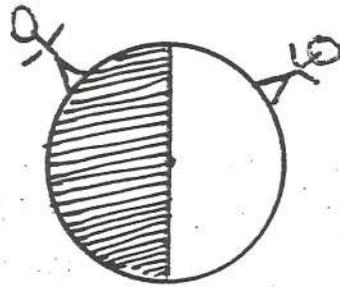


FIGURA 11



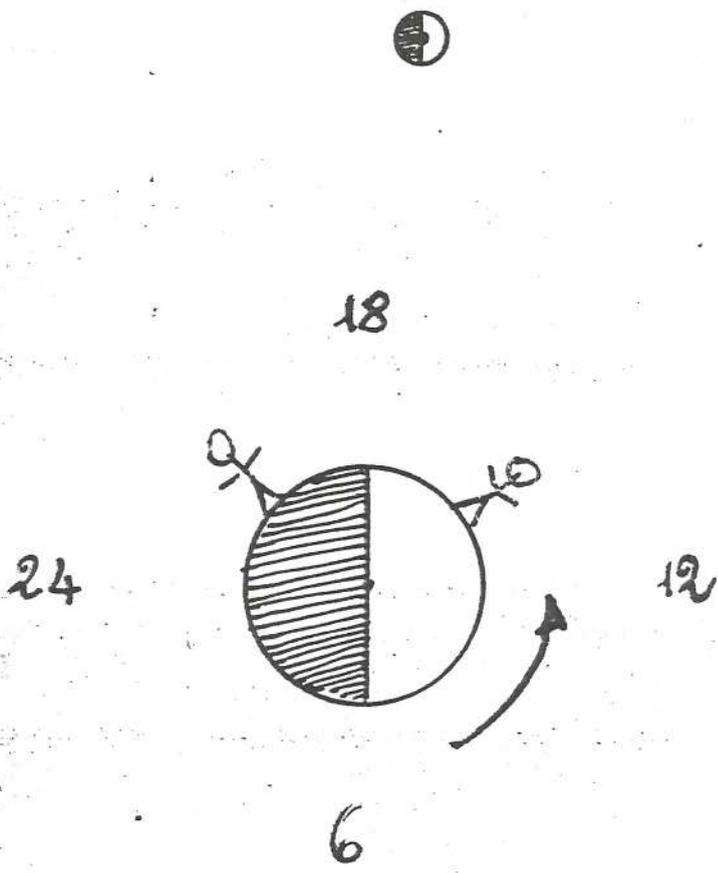
## 1) NESSUN MOTO

- tutto immobile
- fase lunare fissa
- il dì da una parte, la notte dall'altra parte della Terra
- mezza volta al'este osservabile



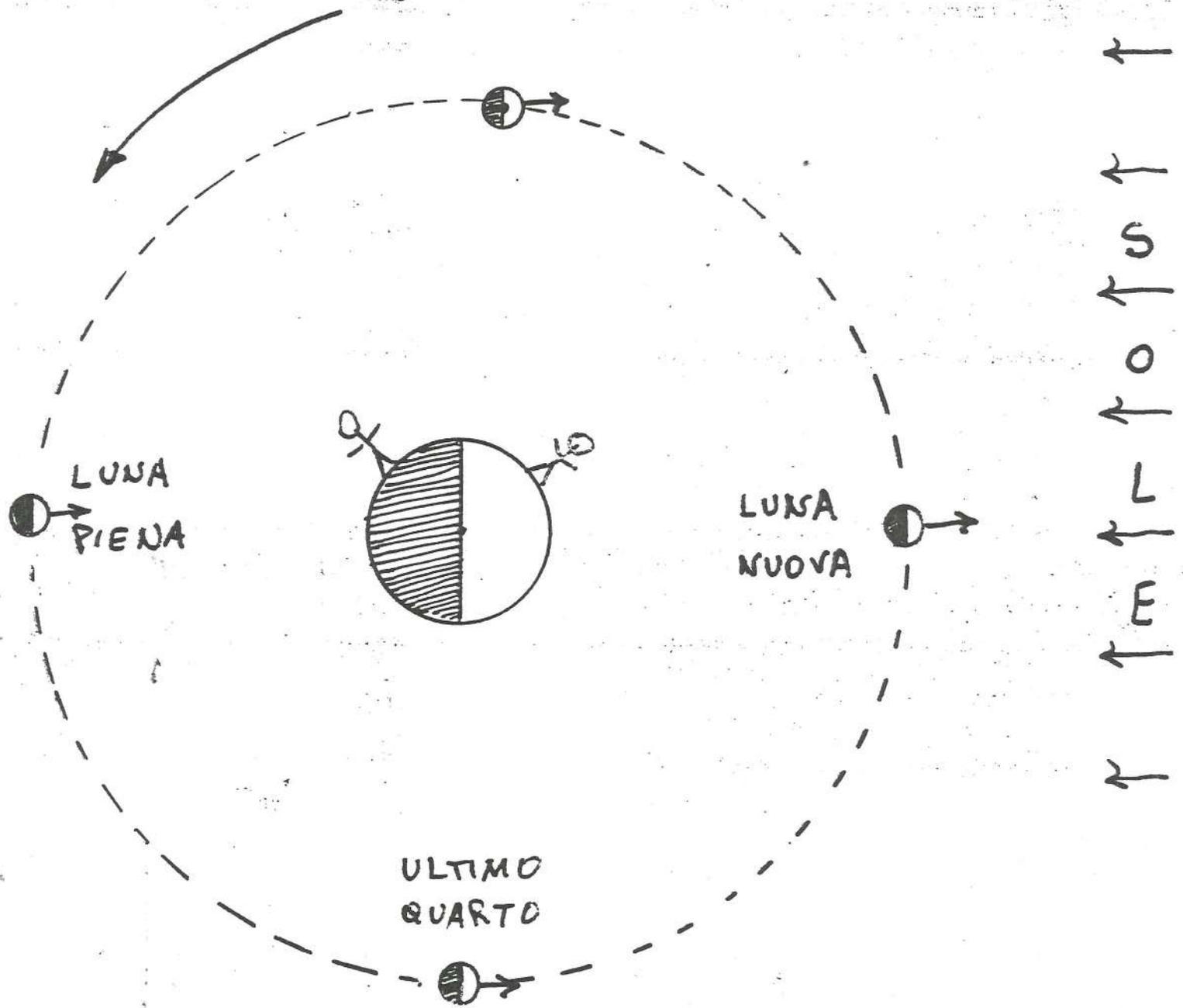
2) C

- come in 1
- osservabili le varie parti della Luna in 27 giorni



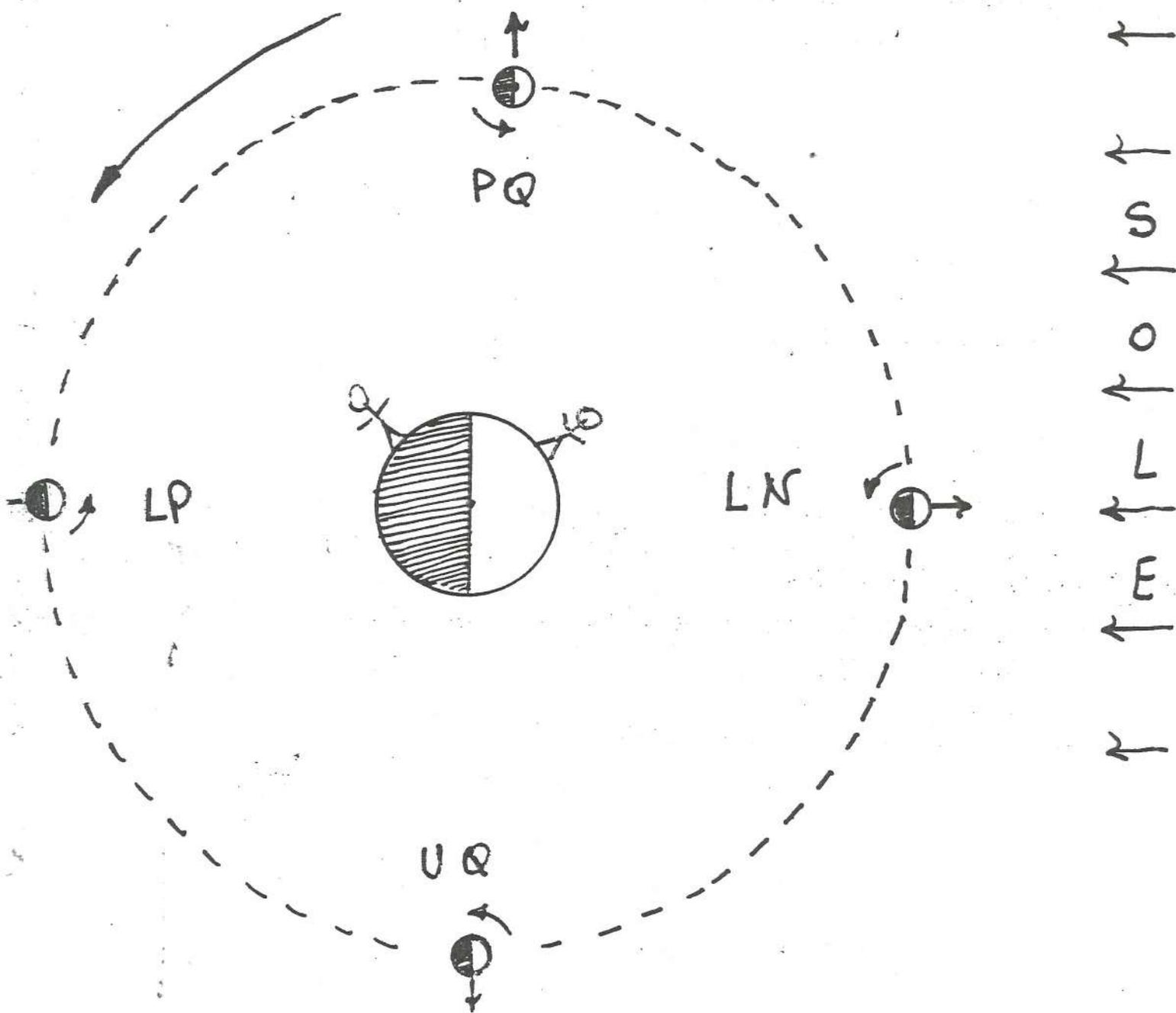
3) A

- tutto ruota attorno
- fase lunare fissa
- alternanza del dì e della notte
- Sole fisso sulle rotte celesti  
(giorno solare = giorno siderale)



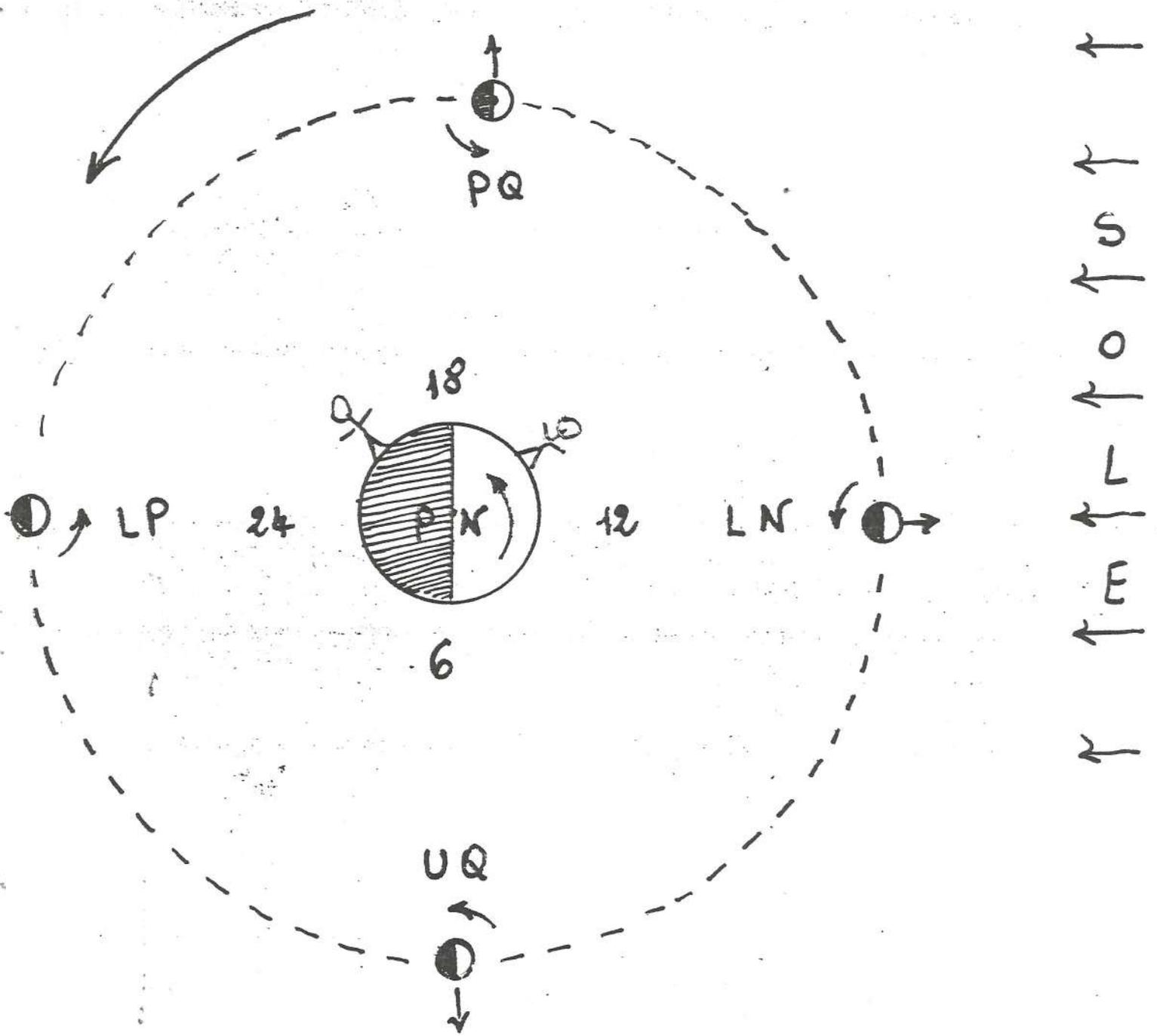
4) D

- come in 1) tramite le fase fisse
- osservabili le fasi lunari per buona parte
- osservabile la superficie lunare in buona parte
- durata di una lunazione: 27 giorni (17)



5) C + D

- come in 4 tranne le osservabilità  
 di buona parte delle superficie lunare  
 (stessa faccia verso la Terra)



6) C + D + A

- come nelle realtà' tramite che il Sole apparirebbe alle stelle fisse
- lunazione di 27 giorni
- giorno solare = giorno siderale

# MOVIMENTI PRINCIPALI DI TERRA E LUNA

tipo	movimento	periodo
A	rotazione Terra	23 ore 56 minuti
B	rivoluzione Terra	365 giorni
C	rotazione Luna	27 giorni
D	rivoluzione Luna (attorno alla Terra)	27 giorni

rispetto alle stelle fisse

OSSERVAZIONI: A ORE DIVERSE DI UNO  
STESSO GIORNO

SOLE  
LUNA  
STELLE

SPOSTAMENTO  
DA ORIENTE (EST)  
A OCCIDENTE (OVEST)

INTERPRETAZIONE

LA TERRA RUOTA  
SU SE STESSA  
IN UN GIORNO

OSSERVAZIONI ALLA STESSA ORA DI  
GIORNI DIVERSI!

**SOLE**

CAMBIA L'ALTEZZA  
CON PERIODO ANNUALE

CONSEGUENZA

CAMBIA  
L'ILLUMINAZIONE  
(STAGIONI)

**LUNA**

- SPOSTAMENTO  
GIORNALIERO COSTANTE
- FASI

INTERPRETAZIONE

LA LUNA RUOTA ATTORNO  
ALLA TERRA IN UN MESE

# STELLE

SPOSTAMENTO  
GIORNALIERO COSTANTE

INTERPRETAZIONE

LA VOLTA CELESTE  
RUOTA ATTORNO ALLA  
TERRA IN UN ANNO