

**Sergio Chiodo**

**CORSO DI  
ASTRONOMIA**  
SUL PROGRAMMA  
SKYGLOBE 2.0 PER WINDOWS

Ultima revisione: luglio 2009

# INDICE

Introduzione	pag. 3
Parte prima – La sfera celeste	
Lezione 1 – Spostamento della direzione visuale	pag. 5
Lezione 2 – Misure di altezza	pag. 6
Lezione 3 – Moto diurno e direzioni cardinali	pag. 7
Lezione 4 – Equatore, mezzocielo e colatitudine	pag. 10
Lezione 5 - Declinazione	pag. 12
Lezione 6 – Ascensione retta	pag. 13
Parte seconda – La Terra	
Lezione 7 – Convessità e misura della Terra	pag. 15
Lezione 8 – Latitudine	pag. 16
Parte terza – Il Sole	
Lezione 9 – Moto diurno	pag. 17
Lezione 10 – Moto in declinazione	pag. 17
Lezione 11 - Moto in ascensione retta	pag. 19
Lezione 12 – Eclittica	pag. 21
Parte quarta – La Luna	
Lezione 13 – Moto diurno e mese siderale	pag. 23
Lezione 14 – Fasi e mese sinodico	pag. 24
Parte quinta – Elementi di geometria sferica	
Lezione 15 – Triangoli rettangoli sferici	pag. 26
Appendici	
U.Eco – Lo sapete che nessuno ha mai detto che la Terra è piatta?	pag. 30
Astrolabio di Mercatore	pag. 31
Nomi e abbreviazioni delle costellazioni	pag. 29
Indice analitico	pag. 34

# INTRODUZIONE

Un programma di astronomia come Skyglobe può essere utilizzato in due modi diversi:

1 - per studiare l'astronomia;

2 - per programmare osservazioni astronomiche, determinare quando e se un determinato corpo celeste è visibile, eccetera;

nel primo caso il programma si rivolge allo **studente**, nel secondo all'**astrofilo**<sup>1</sup>.

Io sono sicuro che appena carichi un nuovo programma sul tuo computer cerchi subito di scoprire il maggior numero possibile di comandi che si possono effettuare, eventualmente aiutandoti con un manuale; con Skyglobe ti potrai comportare così solo quando non sarai più uno studente, ma un astrofilo, cioè quando conoscerai sufficientemente l'astronomia. Quello che stai leggendo e che io ho scritto per te non è un manuale di Skyglobe, ma un corso di astronomia: non ti vuole insegnare ad usare il programma, ma a conoscere il cielo e i suoi movimenti. Ti consiglio quindi di attenerti scrupolosamente alle istruzioni che troverai qui scritte, e di resistere alla tentazione di provare a vedere cosa succede se fai un'operazione diversa da quella suggerita: quasi sicuramente ti troveresti in una situazione imprevista da cui non sapresti uscire, e perderesti un sacco di tempo.

Nell'antichità anche le persone più ignoranti conoscevano più astronomia di quasi tutte le persone più colte del giorno d'oggi. Adesso l'uomo della strada ha sentito parlare di big bang e buchi neri, ma non sa se le stelle sorgono e tramontano come il Sole. Scopo di questo corso è di fornire elementi base di conoscenza dell'astronomia, descrivendo esclusivamente ciò che è possibile vedere, a occhio nudo, anche nel cielo di una città inquinata come Milano.

Bada che saranno fornite descrizioni, non interpretazioni: ad esempio non verrà detto che la Terra ruota attorno al Sole, ma, viceversa, che è possibile osservare che il Sole ruota attorno alla Terra. Non scandalizzarti: è necessario imparare a vedere con i propri occhi prima di voler spiegare dei fenomeni.

## Installazione del programma

Decomprimi il file skyglobe.zip in una cartella del tuo computer.

Skyglobe è un programma shareware scritto da Mark A. Haney, al quale andrebbero spediti i diritti d'autore (la richiesta era di 20\$ nel 1995). Tuttavia non sono riuscito a trovare il suo indirizzo (quello riportato nel software, 284 142nd Ave, Caledonia MI 49316, non è più esistente). Non potendomi sdebitare diversamente, al signor Haney va tutta la mia gratitudine.

---

<sup>1</sup>Astrofilo è l'appassionato di astronomia: a differenza dell'astronomo, non se ne occupa per professione, ma nel tempo libero.

## Preparazione degli strumenti di lavoro.

Prepara 3 fogli di acetato trasparente, un po' più grandi del monitor del tuo computer, e dividili in due parti uguali con una linea sottile; il foglio deve avere il lato maggiore nel senso della larghezza e deve essere diviso verticalmente. Su un foglio, in un angolo, scrivi la parola "Nord", sugli altri, rispettivamente, "Est" e "Ovest".

Ogni volta che userai il programma, ti servirà avere una linea di riferimento (la *linea visuale*) che divide lo schermo verticalmente a metà. Per costruirla, usa un filo sottile di cotone colorato e affrancalo con del nastro adesivo al monitor

Inoltre, tieni a portata di mano altri fili dello stesso tipo che dovrai talvolta fissare orizzontalmente, in posizioni diverse che ti verranno spiegate via via all'interno delle lezioni. Ti serviranno anche degli altri fogli di acetato nuovi.

Indispensabile ti sarà una sfera del diametro di una quindicina di centimetri su cui sia possibile disegnare. Ne esistono di polistirolo, in vendita nei colorifici. Costituirà la tua sfera armillare, uno strumento che non mancava mai negli studi degli scienziati dell'antichità.

## Caricamento del programma

Da Windows, fai doppio clic sull'icona di Skyglobe. Visualizzalo a tutto schermo (triangolino nell'angolo in alto a destra).

Se vedi una linea grigia nel cielo, cancellala premendo il tasto F6.

Se in qualsiasi momento, per qualche motivo, il programma non funziona più come è descritto nelle lezioni, puoi riavviarlo selezionando dal menù File il comando Load Config e caricando il file INIZIO.CFG. Fai attenzione, in particolare, a non cliccare mai all'interno della finestra che rappresenta il cielo stellato: verrebbero alterati tutti i parametri iniziali.

Per uscire dal programma, naturalmente, si usa la voce Exit del menù File.

# PARTE PRIMA

## La sfera celeste

### Lezione 1 - Spostamento della direzione visuale

Dopo aver fissato il filo che rappresenta la tua linea visuale, lancia il programma Skyglobe.

Sei in un luogo isolato, di notte, con un orizzonte abbastanza libero che ti permette di vedere tutto il cielo, stellato e senza nuvole. Usando i tasti  $\rightarrow$  e  $\leftarrow$  puoi cambiare la direzione del tuo sguardo. Prendi in considerazione un particolare dell'orizzonte come punto di riferimento e prova a fare un giro di  $360^\circ$  su te stesso<sup>2</sup>. Conta quante volte devi premere il tasto per compiere un intero giro e completa la seguente affermazione:

#### Esercizio 1.1

*la pressione dei tasti  $\rightarrow$  e  $\leftarrow$  provoca una rotazione di \_\_\_\_\_ gradi*

Puoi fare la stessa cosa con le frecce di movimento verticale: premendo  $\downarrow$  vedrai una parte più ampia di terreno, con  $\uparrow$  alzi la testa verso l'alto, e se continui a premerla l'orizzonte sparisce. Ad un certo punto il tuo sguardo sarà rivolto verso lo *zenit*<sup>3</sup>, ma stando al computer non te ne puoi accorgere, perché non hai la sensazione della forza di gravità. Se continui a premere il tasto  $\uparrow$  il tuo sguardo comincia a rivolgersi dietro le tue spalle e ad un certo punto vedrai l'orizzonte capovolto.

#### Esercizio 1.2

*La pressione dei tasti  $\uparrow$  e  $\downarrow$  provoca un'inclinazione di \_\_\_\_ gradi dello sguardo rispetto al piano orizzontale.*

Cosa fai lì capovolto? Raddrizzati e passiamo all'esercizio successivo.  
Con l'aiuto della linea visuale, rispondi

#### Esercizio 1.3

*la pressione dei tasti  $\rightarrow$  e  $\leftarrow$  assieme al tasto shift (maiuscolo) provoca una rotazione di \_\_\_\_\_ gradi*

Per fare la stessa cosa con il movimento verticale, devi prima portare l'orizzonte al centro dello schermo, altrimenti la deformazione della rappresentazione grandangolare falserebbe i risultati. Per fare questo devi selezionare dal menù Toggle la voce Center Bias (so benissimo che sei tentato di provare anche le altre voci, ma se lo farai non garantisco più su quanto succederà al tuo computer). Quando l'orizzonte è al centro dello schermo, fissa un filo orizzontale al monitor per prendere nota della sua posizione e rispondi all'

---

<sup>2</sup> noterai che le immagini si distorcono, come in un grandangolare: Skyglobe si comporta così per farti vedere una porzione di cielo abbastanza ampia con un solo colpo d'occhio

<sup>3</sup> lo zenit è il punto del cielo proprio sopra alla nostra testa; la parola, come molte altre del vocabolario dell'astronomia, soprattutto i nomi di molte stelle, viene dall'arabo

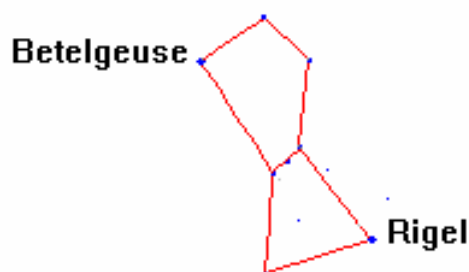
### Esercizio 1.4

La pressione dei tasti  $\uparrow$  e  $\downarrow$  assieme al tasto shift (maiuscolo) provoca un'inclinazione di \_\_\_ gradi dello sguardo rispetto al piano orizzontale.

Riporta l'orizzonte al solito posto e passa alla lezione successiva (non togliere i fili, ti serviranno).

## Lezione 2 – Misure di altezza

All'avviamento di Skyglobe dovrebbe essere visibile nel cielo una costellazione molto famosa, quella di Orione, la cui forma è riportata in questa figura<sup>4</sup>



È una delle costellazioni più grandi e caratteristiche del cielo. Nota in particolare le tre stelle allineate che ne costituiscono la "cintura". Se non riesci a distinguere la costellazione, puoi premere il tasto indicato nella nota<sup>5</sup>, ma ti consiglio di non usarlo: vuoi o non vuoi diventare un astrofilo?

La stella in alto a sinistra, che si chiama Betelgeuse, è una gigante rossa, e il suo colore, nel cielo reale, è visibile anche a occhio nudo. Rigel, invece, è bianca. Sono tra le stelle più luminose del cielo<sup>6</sup>.

Si chiama **altezza** di una stella l'angolo formato dalla linea che congiunge la stella con l'osservatore e il piano orizzontale; ovviamente si misura in gradi e assume il valore minimo (zero gradi) per un punto dell'orizzonte, e il valore massimo per lo zenit.

### Esercizio 2.1

L'altezza dello zenit è di \_\_\_ gradi

Nell'astronomia reale l'altezza si misura con un filo a piombo e un goniometro applicato ad un qualsiasi strumento che permette di puntare lo sguardo verso una stella (telescopio,

---

<sup>4</sup> Bada che la forma è rappresentata nella figura, ma non è detto che nel cielo appaia con questa inclinazione: come vedremo nella prossima lezione le stelle si muovono, e ciò comporta una variazione dell' inclinazione delle costellazioni rispetto all'orizzonte.

<sup>5</sup> il tasto è la lettera c. Per cancellare la forma delle costellazioni premilo un'altra volta.

<sup>6</sup> La stella più luminosa in assoluto è Sirio, che si trova in basso a sinistra rispetto ad Orione (costellazione del Cane Maggiore). Attento però che se vedi nel cielo reale un astro molto luminoso potrebbe anche non trattarsi di Sirio: Giove e, soprattutto, Venere, sono quasi sempre più brillanti di questa stella, ma sono pianeti. In questo momento Skyglobe non sta visualizzando i pianeti.

binocolo, ma anche un bastoncino cavo può andare bene; v. fotografia 1). Anche con Skyglobe si può misurare l'altezza di una stella: lo faremo con Rigel.



Fotografia 1: due esemplari di “teodolite”, lo strumento che misura le altezze angolari

Usando i tasti di direzione orizzontale, portati ad avere Rigel esattamente sulla linea visuale. Poi porta l'orizzonte al centro dello schermo (Toggle/Center Bias) e fissa un filo al monitor in corrispondenza della posizione dell'orizzonte. Alza allora il tuo sguardo usando il tasto  $\uparrow$  (eventualmente con il tasto shift) fino a portare Rigel sul filo. Contando quante volte hai dovuto premere il tasto, puoi completare l'

#### *Esercizio 2.2*

*L'altezza di Rigel è di \_\_\_\_ gradi*

Ripeti la misura con Betelgeuse.

#### *Esercizio 2.3*

*L'altezza di Betelgeuse è di \_\_\_\_ gradi*

### **Lezione 3 – Moto diurno e direzioni cardinali**

Guarda le stelle; esse nel cielo reale non stanno ferme, si muovono, ma il loro movimento è piuttosto lento e sfugge a quell'osservatore frenetico e superficiale che è l'uomo dei nostri tempi. Skyglobe ti permette di accelerare il movimento reale in modo da renderlo più evidente:

- premendo il tasto *t* le stelle compiono un movimento pari a quello che coprirebbero in un minuto<sup>7</sup>;
- con il tasto *h* l'intervallo temporale è di un'ora;
- i tasti maiuscoli *T* e *H* fanno tornare indietro di un minuto e di un'ora;

---

<sup>7</sup> Avrai sicuramente notato che l'ora nella barra dei menù è cambiata proprio di un minuto.

- se prima del tasto  $t$  premi la barra spaziatrice, il movimento viene ripetuto continuamente; per arrestare il movimento si deve premere il tasto  $t$  (o la barra spaziatrice) una seconda volta<sup>8</sup>.

Premi il tasto barra spaziatrice +  $t^9$ . Usando le frecce  $\rightarrow$  e  $\leftarrow$  osserva il movimento delle stelle nelle varie direzioni. Ti accorgerai che in una certa zona dell'orizzonte le stelle sorgono, in un'altra tramontano;

### *Esercizio 3.1*

*le due zone sono diametralmente opposte, lo si può verificare in questo modo:*

---

La zona in cui le stelle sorgono si chiama **oriente**, l'altra **occidente**. Presta attenzione al fatto che secondo questa definizione oriente ed occidente non sono punti precisi dell'orizzonte, ma zone. Non confonderli con i punti cardinali est ed ovest, di cui stiamo per parlare.

E' importante osservare che, sebbene le stelle tramontino in punti diversi, ogni stella tramonta sempre precisamente nello stesso punto, e la stessa cosa succede per il punto in cui le stelle sorgono. Puoi verificarlo usando Rigel, Betelgeuse, ma anche altre stelle, non importa se non conosci il loro nome e a quale costellazione appartengono: raggruppando più stelle in una costellazione, anche se non coincide con nessuna delle costellazioni "ufficiali" dell'astronomia, ti è possibile riconoscerle da un'osservazione ad un'altra. Inventa una costellazione, spostati in modo che il punto in cui tramonta sia sulla tua linea visuale, lascia passare del tempo, servendoti dei tasti che ti sono stati indicati sopra: dopo un po' la vedrai rispuntare dall'alto a sinistra e andrà a tramontare attraversando l'orizzonte sempre nello stesso punto. Se ti è difficile riconoscere la tua costellazione, premendo il tasto  $c$  compaiono delle linee che ti possono aiutare, ma cerca di farne a meno: nel cielo reale questa opzione non è disponibile! (premi di nuovo  $c$  per togliere le linee).

Avrai sicuramente notato quanto tempo è necessario alle varie stelle per compiere tutto il loro tragitto. No? allora fallo.

Noterai che tutte le stelle impiegano lo stesso tempo (non può che essere così, altrimenti le costellazioni cambierebbero forma), e che questo tempo, detto **giorno siderale**, dura un po' meno di 24 ore.

### *Esercizio 3.2*

*La durata del giorno siderale, espressa con una approssimazione del minuto, è di*

---

Sempre guardandoti in giro nelle varie direzioni dell'orizzonte, noterai che le stelle che sorgono a oriente si spostano verso destra, alzandosi; giunte in una certa zona di cielo, continuano il loro movimento verso destra, ma invertono il loro movimento verticale, abbassandosi. Si dice che le stelle hanno **culminato**. Sebbene le stelle sorgano e

---

<sup>8</sup> La barra spaziatrice funziona in questo modo anche con altri tasti, ad esempio le frecce di spostamento direzionale.

<sup>9</sup> Se lascerai passare troppo tempo arriverai ad orari diurni, eppure il cielo sarà sempre buio e stellato. Skyglobe permette di non considerare il Sole, e in questa lezione abbiamo fatto proprio così.

tramontino in luoghi diversi, la loro direzione di culminazione è sempre la stessa: una stella culminerà più in alto, un'altra più in basso, ma tutte culminano in una direzione ben precisa, detta direzione **sud**: verificalo con Skyglobe.

### Esercizio 3.3

*Sovrapponendo un foglio di acetato nuovo al monitor, ricalca il panorama della tua postazione di osservazione, in direzione sud.*

Nella direzione opposta al sud, detta **nord**, le stelle hanno un movimento molto particolare: ruotano attorno ad un punto, detto **polo nord**; alcune stelle sono vicine al polo, e non passano sotto l'orizzonte: vengono dette stelle **circumpolari**. Per distinguerle da queste, le stelle che tramontano e sorgono vengono dette **occidue**.

### Esercizio 3.4

*Il senso di rotazione delle stelle attorno al polo nord è orario od antiorario? \_\_\_\_\_*

Vicinissima al polo, c'è una stella che, come tutti sanno, si chiama stella polare; essa rimane praticamente ferma. Fai attenzione a non confondere il polo nord, che è un punto del cielo, con il punto cardinale nord, che è la sua proiezione sull'orizzonte.

### Esercizio 3.5

*Dopo aver individuato la stella polare, fai in modo di averla sulla linea visuale. Quindi prendi il foglio di acetato con la scritta Nord e sovrappoendolo al monitor, ricalca il panorama a Nord. La linea verticale che hai già disegnato sul foglio di acetato deve coincidere con la linea visuale.*

Gli altri punti cardinali **est** e **ovest** vengono definiti come le direzioni perpendicolari alla direzione nord-sud. L'est si trova nella zona orientale, l'ovest in quella occidentale. Ciò significa che guardando verso sud l'est è a 90° alla tua sinistra e l'ovest alla tua destra<sup>10</sup>.

### Esercizio 3.6

*Ripeti l'esercizio 3.5 con i fogli delle direzioni est e ovest (ricordati dell'esercizio 1.1)*

---

<sup>10</sup> fai attenzione: in geografia di solito le carte geografiche si tengono orientate con il nord in alto, quindi l'est si trova a destra. In astronomia quasi tutti i corpi celesti interessanti si trovano verso sud, quindi la posizione di est e ovest è ribaltata

### Esercizio 3.7

*Utilizzando il foglio dell'esercizio 3.3, completalo aggiungendo la linea verticale in direzione sud. E' probabile che essa non si troverà esattamente nel centro del foglio, perché nell'es. 3.3 non era possibile orientarsi con grande precisione.*

Conserva gelosamente i tuoi quattro fogli di acetato: ti serviranno per orientarti in futuro<sup>11</sup>. E' forse opportuno controllare che tu abbia fatto tutto nel modo migliore: guarda esattamente verso est. Quando credi di essere rivolto nella direzione giusta, dal menu *file* seleziona *load single LH*, e carica il file EST.TXT. L'orizzonte si modificherà presentando una linea verticale verso est. Ti eri orientato correttamente?

Ripeti il controllo con i file OVEST.TXT, NORD.TXT e SUD.TXT. Infine ricarica l'orizzonte originale (ORIZZONT.TXT).

Guarda il foglio di acetato che rappresenta il panorama a sud. La linea verticale, passante per il sud e che prolungata passa per lo zenit si chiama **meridiano locale** (spesso lo si chiama semplicemente meridiano). Prolungandolo ulteriormente, il meridiano passa per il polo nord e per il punto cardinale nord. Questa linea, che si sovrappone al filo del tuo monitor quando sei rivolto esattamente a sud o a nord, è uno dei riferimenti più importanti dell'astronomia. Non dimenticarlo.

## Lezione 4 – Equatore, mezzocielo e colatitudine

Dovresti avere capito che il cielo si comporta come una immensa sfera, che ruota attorno alla Terra; l'asse di rotazione della sfera passa per il polo nord e, sotto l'orizzonte e quindi invisibile, per il polo sud. Il piano perpendicolare all'asse polare che taglia la sfera celeste in due parti uguali si chiama **equatore celeste**<sup>12</sup>. Esso è inclinato rispetto all'orizzonte e lo taglia nei punti cardinali est ed ovest. Con Skyglobe, purtroppo, non è possibile visualizzare solo l'equatore, ma premendo il tasto F7 appaiono nel cielo anche delle altre linee: i paralleli, linee di intersezione della sfera celeste con altri piani paralleli al piano equatoriale, e i meridiani (da non confondere con il meridiano locale) perpendicolari a questi. Compare anche un'altra linea, grigia, che per il momento non ci interessa: la puoi eliminare premendo il tasto F6.

Puoi distinguere l'equatore dagli altri paralleli perché questi appaiono curvi, verso il polo nord o verso quello sud, mentre l'equatore è, per così dire, curvo verso l'osservatore. Ciò è particolarmente visibile a est e a ovest.

---

<sup>11</sup> Un metodo veloce per orientarsi, anche quando le stelle non sono visibili, è quello di usare la bussola. Dal punto di vista pratico va certamente bene, ma non bisogna dimenticare che la bussola segna il nord (e il sud) magnetico, che non coincide perfettamente con il nord astronomico

<sup>12</sup> Ti consiglio caldamente di costruirti una sfera armillare portatile con una palla bianca sulla quale avrai disegnato l'equatore; questa sfera ti può essere di grande aiuto nello studio dell'astronomia, devi solo prestare attenzione al fatto che noi in realtà siamo all'interno di questa sfera

#### Esercizio 4.1

*Utilizzando gli acetati che hai preparato nella lezione precedente, verifica che l'equatore taglia l'orizzonte nei punti est ed ovest.*

Osserva la rotazione della sfera celeste nelle varie direzioni e abituati ad essa: solo quando l'avrai compresa bene potrai capire a fondo tutto quanto stiamo per studiare. Aiutati anche con la sfera armillare.

Le stelle che si trovano sull'equatore celeste sorgono esattamente ad est e tramontano esattamente ad ovest, dopo aver culminato a sud in un punto che si chiama **mezzocielo**, l'intersezione tra il meridiano e l'equatore. Le stelle che si trovano sotto l'equatore sorgono più a sud del punto est e tramontano più a sud del punto ovest, quelle che si trovano sopra l'equatore sorgono più a nord del punto est e tramontano più a nord del punto ovest. Come abbiamo già detto, le stelle abbastanza lontane dall'equatore non sorgono né tramontano, sono circumpolari.

L'altezza del mezzocielo si chiama **colatitudine**<sup>13</sup> e in questa dispensa verrà indicata con  $\varphi$ .

Per misurare la colatitudine nel cielo reale, dato che non ci sono quelle belle linee azzurre, bisogna utilizzare una stella che si trova sull'equatore, attendere che culmini, e misurarne l'altezza. Noterai che una stella della cintura di Orione fa proprio al caso nostro.

#### Esercizio 4.2

*Cancello la linea dell'equatore (premi F7), e verifico che una stella della cintura di Orione si trova sull'equatore. Ce ne si persuade osservando che*

---

#### Esercizio 4.3

*Utilizzando gli esercizi 4.2 e 2.2 misuro la colatitudine.*

L'altezza del polo nord si chiama **latitudine** e viene di solito indicata con la lettera  $\varphi$ .

#### Esercizio 4.4

*Misuro la latitudine e scrivo come hai fatto.*

---

Le due grandezze latitudine e colatitudine hanno un nome simile perché sono legate tra di loro in maniera molto semplice: utilizzando la sfera armillare completa l'affermazione seguente

#### Esercizio 4.5

*latitudine e colatitudine sono tra loro \_\_\_\_\_*

Per essere sicuro del tuo risultato svolgi il seguente

---

<sup>13</sup> Colatitudine e latitudine (che verrà introdotta subito dopo) dipendono dal luogo da cui vengono effettuate le osservazioni, come sarà spiegato in dettaglio in un prossimo capitolo.

#### Esercizio 4.6

- a) Carica (File Load config) il file *ES4\_6.CFG*.
- b) Dal menù Location seleziona la città di Stoccolma (la sesta dopo Milano)
- c) Carica poi (File Load single LH) l'orizzonte *ES4\_6.TXT*.
- d) Costruisciti i fogli di acetato Nord e Sud per questo orizzonte.
- e) Misura la latitudine.
- f) Misura la colatitudine.
- g) Controlla il risultato dell'esercizio 4.5

Sempre utilizzando la sfera armillare, risolvi:

#### Esercizio 4.7

L'angolo formato dall'equatore celeste con l'orizzonte è uguale alla \_\_\_\_\_

### Lezione 5 - Declinazione

La distanza di una stella dall'equatore, misurata in gradi, si chiama **declinazione** della stella. La declinazione può andare da  $0^\circ$  a  $+90^\circ$ , per le stelle sopra l'equatore, e da  $0^\circ$  a  $-90^\circ$  per quelle sotto l'equatore<sup>14</sup>. Viene di solito indicata con la lettera  $\delta$ .

#### Esercizio 5.1

La declinazione della stella polare è molto vicina a \_\_\_\_\_gradi

Per misurare la declinazione di una stella che non sia la polare si procede in questo modo: si attende che la stella transiti per il meridiano e se ne misura l'altezza; a questa altezza si sottrae la colatitudine e si ottiene la declinazione cercata (che può essere positiva o negativa)

#### Esercizio 5.2

Misura la declinazione di Rigel e di Betelgeuse

In realtà il metodo che abbiamo utilizzato nell'esercizio precedente si può applicare solo alle stelle che culminano a sud. Ma ci sono stelle anche che culminano allo zenit, e stelle la cui declinazione è così elevata che culminano a nord.

Per risolvere gli esercizi che seguono non ti puoi servire del computer, ma può bastare un disegno, o la sfera armillare.

#### Esercizio 5.3

---

<sup>14</sup>non tutte le stelle con declinazione negativa saranno visibili: alcune restano sempre sotto l'orizzonte

Le stelle che culminano allo zenit hanno declinazione uguale alla \_\_\_\_\_

*Esercizio 5.4*

Le stelle che culminano a nord sono quelle la cui declinazione è \_\_\_\_\_

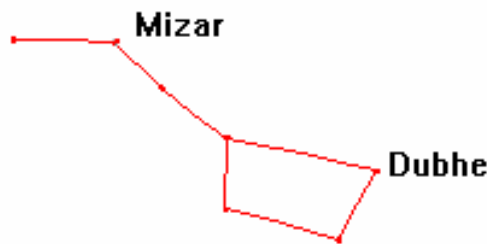
*Esercizio 5.5*

Le stelle circumpolari sono quelle la cui declinazione è \_\_\_\_\_

Per misurare la declinazione di una stella che culmina a nord, basta misurare la distanza della stella dal polo, e calcolarne il complementare. Per misurare la distanza dal polo puoi servirti dell'osservazione relativa al passaggio della stella in meridiano, sia in corrispondenza della culminazione, sia, eventualmente, quando raggiunge la minima altezza (se la stella è circumpolare).

*Esercizio 5.6*

Misura la declinazione di Mizar, una famosa stella doppia della costellazione dell'Orsa Maggiore.



## Lezione 6 – Ascensione retta

Sulla Terra, come sai, un punto può essere identificato tramite due **coordinate geografiche**: la latitudine (terrestre) e la longitudine; allo stesso modo sulla sfera celeste ad una stella si possono attribuire le sue coordinate celesti, una delle quali, già di tua conoscenza, è l'analogo della latitudine: si tratta della declinazione. La coordinata celeste analoga alla longitudine terrestre si chiama **ascensione retta**<sup>15</sup>; viene misurata in gradi (da 0 a 360°) oppure in ore (24 ore = 360°), nel verso da ovest a est<sup>16</sup>. Viene indicata con la lettera  $\alpha$ .

Servendoti esclusivamente della tua abilità nel calcolo mentale risolvi l'

*Esercizio 6.1*

un'ora in ascensione retta corrisponde a \_\_\_\_ gradi

<sup>15</sup> Non chiamare longitudine questa coordinata: la longitudine celeste esiste, ma appartiene ad un altro sistema di coordinate, del quale non parleremo in questo corso

<sup>16</sup> Il verso da ovest a est viene chiamato *diretto*, quello da est a ovest *retrogrado*.

Così come per misurare la longitudine ci vuole un meridiano di riferimento (quello di Greenwich), la ascensione retta si comincia a misurare da un preciso punto della sfera celeste, che non corrisponde alla posizione di nessuna stella. Tuttavia non ha importanza approfondire questo discorso, perché in realtà quello che più interessa è valutare la differenza in ascensione retta di due stelle.

Determina la differenza in ascensione retta tra Rigel e Betelgeuse; cerca di farlo senza guardare il suggerimento che si trova nella nota<sup>17</sup>

#### Esercizio 6.2

*La differenza di A.R. tra Rigel e Betelgeuse è di \_\_\_\_\_ minuti.*

Concludi questa lezione esercitandoti con due stelle dell'Orsa Maggiore.

#### Esercizio 6.4

*La differenza in A.R. di Dubhe e Mizar è di \_\_\_\_\_ minuti*



(sopra) Questo montaggio è frutto di un attento lavoro in camera oscura di Giuseppe Aliberti, di Paganica. La sequenza è stata ottenuta montando singoli fotogrammi tenendo conto del moto proprio della Luna così da far risaltare il suo movimento nel cono d'ombra della Terra.

Fotografia 2: durante un'eclisse di Luna è particolarmente evidente che la forma dell'ombra della Terra è circolare. Analizzando questo fotomontaggio si può ottenere una buona stima del rapporto delle dimensioni dei due astri

---

<sup>17</sup> Individua il punto sud (eventualmente carica l'orizzonte sud), e determina quanto tempo deve passare tra il transito di Rigel e quello di Betelgeuse. Trasforma quindi il tempo solare in tempo siderale. Bada che questa operazione è corretta solo se utilizzi il sud. In altre direzioni questo tempo assume altri valori.

# PARTE SECONDA

## La Terra

### Lezione 7 – Convessità e misura della Terra

Nonostante fonti anche autorevoli<sup>18</sup> affermino che nell'antichità si credeva che la Terra fosse piatta, questo non è assolutamente vero: basta osservare un'eclisse di Luna, fenomeno piuttosto frequente, per accorgersi del fatto che l'ombra del nostro pianeta è circolare, e che quindi noi viviamo su una sfera; sicuramente gli antichi avevano fatto questa osservazione (v. anche fotografia 2). Delle eclissi parleremo più avanti, qui analizziamo altri fenomeni dai quali è possibile dedurre la sfericità, o per lo meno la curvatura della superficie terrestre.

Avvia Skyglobe e carica il file LEZ\_07.CFG.

#### Esercizio 7.1

*La mia direzione visuale è il nord, infatti \_\_\_\_\_*

Posiziona il filo orizzontale in modo che passi per la stella polare. Premi ora il tasto **pag↑**: questo tasto ti fa fare un viaggio sulla superficie terrestre di circa 110 chilometri verso nord. Avrai notato che tutte le stelle si sono alzate, il numero di stelle circumpolari è aumentato e la latitudine è aumentata. Allo stesso modo puoi osservare cosa succede guardando verso sud, e premendo il tasto **pag↑**, oppure **pag↓**, che fa viaggiare verso sud. Il motivo di questo fenomeno, anch'esso ben noto agli antichi, è che la Terra è curva: viaggiando verso nord, noi per così dire percorriamo una discesa e le stelle che si trovano a nord ci appaiono più alte, mentre quelle a sud si avvicinano all'orizzonte.

Torna al punto di partenza del tuo viaggio (cioè riposiziona la polare sul filo orizzontale) e misurane la latitudine (ricorda l'esercizio 4.4).

#### Esercizio 7.2

*La latitudine iniziale di questa lezione è di \_\_\_\_\_  
gradi*

Premi dieci volte il tasto **pag↓** e misura di nuovo la latitudine.

#### Esercizio 7.3

*La pressione dei tasti **pag↑** e **pag↓** fa variare la  
latitudine di \_\_\_\_ gradi.*

Sapendo che, come detto sopra, questi tasti corrispondono a viaggi di 110 chilometri circa (111 per maggior precisione), completa:

#### Esercizio 7.4

*La circonferenza della Terra è di \_\_\_\_\_  
chilometri*

---

<sup>18</sup> A tal proposito, cfr. U.Eco - Lo sapete che nessuno ha mai detto che la Terra è piatta? - L'Espresso 17/1/93, qui in appendice 1, pag. 27

Il primo astronomo ad effettuare questa misura, in un modo molto simile a quello or ora spiegato, è stato, secondo la tradizione, Eratostene di Alessandria, vissuto nel terzo secolo a.C.

## Lezione 8 - Latitudine

Ti sarà ora chiaro che la latitudine e la colatitudine non sono delle grandezze assolute, ma dipendono dal luogo di osservazione. In particolare la latitudine di Milano (cioè l'altezza del polo visto da Milano) è di  $45^{\circ}30'$ . Continuando a viaggiare verso nord, il polo si continua ad alzare, e ad un certo punto arriverà allo zenit: sei arrivato in un punto della Terra di latitudine  $90^{\circ}$ , cioè in quel punto proprio sotto il polo nord celeste; questo punto si chiama ***polo nord terrestre***.

Utilizzando solo la tua intuizione geometrica, o eventualmente servendoti della sfera armillare, completa la seguente frase

### *Esercizio 8.1*

*Osservando le stelle dal polo nord terrestre, esse si muovono \_\_\_\_\_*

Verifica la correttezza di quanto hai scritto con Skyglobe; buon viaggio.

Viaggiando verso sud, invece, è il mezzocielo che continua ad alzarsi. Quando arriva allo zenit, tu ti trovi proprio sotto un punto dell'equatore celeste: i luoghi della Terra che hanno questa posizione costituiscono l'***equatore terrestre***.

Utilizzando solo la tua intuizione geometrica, o eventualmente servendoti della sfera armillare, completa la seguente frase

### *Esercizio 8.2*

*Osservando le stelle dall'equatore, esse sorgono e tramontano \_\_\_\_\_*

Verifica la correttezza di quanto hai scritto con Skyglobe; buon viaggio.

Non avventurarti al di sotto dell'equatore: in questa zona l'astronomia diventa troppo complicata, e questo è un corso di astronomia elementare.

# PARTE TERZA

## Il Sole

### Lezione 9 – Moto diurno

Fino ad ora abbiamo preso in considerazione solo il movimento delle stelle. E' giunto il momento di occuparci degli altri principali corpi celesti : il Sole, la Luna e i pianeti. In questa terza parte studieremo il Sole; devo avvertirti però che Skyglobe non simula il cielo diurno, quindi quello che vedrai sul tuo computer sarà molto diverso dalle osservazioni che potrai fare direttamente. Inoltre, se era possibile configurare il programma in modo da visualizzare solo le stelle, purtroppo non è possibile aggiungere solamente il Sole: saremo obbligati a veder passare anche Mercurio, Venere e gli altri astri erranti. Cerca di non farti distrarre dal loro strano movimento, che studieremo, te lo prometto, nelle lezioni successive.

Carica il file PARTE\_3.CFG.

Come vedi, il cielo è buio nonostante il Sole sia appena sorto. Sforzati di non considerare le stelle e gli altri astri, che sarebbero invisibili. Premendo barra spaziatrice + *t* lascia scorrere il tempo e segui il cammino del Sole, utilizzando, quando necessario, i tasti direzionali.

Il Sole, come tutte le stelle occidue, è sorto a oriente, si alza e si sposta verso Sud fino a culminare; l'istante di culminazione del Sole si chiama *mezzogiorno* astronomico. Dopo il mezzogiorno tramonterà, mettendo fine al *di* (il periodo durante il quale il Sole è al di sopra dell'orizzonte) e facendo iniziare la *notte* (il restante periodo del giorno).

Utilizzando l'acetato Sud rispondi

#### Esercizio 9.1

*Il mezzogiorno del 7 gennaio cade alle ore \_\_\_\_\_*

La pressione del tasto *d* sposta avanti il tempo di 24 ore esatte. Se, dopo aver posizionato il Sole in meridiano, premi questo tasto più volte, noterai che la nostra stella si sposta a Est: ciò significa che, in questo periodo dell'anno, il tempo tra due mezzogiorni successivi, che si chiama *giorno solare*, è leggermente maggiore di 24 ore<sup>19</sup>. La differenza è sempre molto piccola, inferiore ai 30 secondi, ma, come noterai, ripetuta per più giorni può dare origine a discrepanze anche di alcuni minuti tra il mezzogiorno astronomico e l'ora che hai determinato nell'esercizio 9.1.

### Lezione 10 – Moto in declinazione

Il moto che hai analizzato nel capitolo precedente è noto come *moto diurno*<sup>20</sup>. Ma il Sole è animato da molti altri tipi di moto.

Probabilmente avrai notato che in ogni mezzogiorno successivo il Sole culminava sempre più in alto; in altre parole la sua declinazione aumentava.

---

<sup>19</sup> In altri periodi dell'anno il giorno solare dura meno di 24 ore; in un anno dura in media 24 ore esatte.

<sup>20</sup> Sia il Sole che le stelle sono animati di moto diurno; come vedremo più avanti questo moto è comune anche a tutti gli altri corpi celesti, Luna, pianeti, comete etc.

Carica il file PARTE\_3.CFG. Utilizzando i tasti **d** (avanzamento di un giorno) e **m** (avanzamento di un mese) rispondi

*Esercizio 10.1*

*La declinazione del Sole aumenta circa fino al giorno \_\_\_\_\_, dopo di che diminuisce circa fino al giorno \_\_\_\_\_.*

Il giorno in cui il Sole raggiunge la massima declinazione si chiama **solstizio d'estate**, quello di minima declinazione **solstizio d'inverno**.

Ricordando gli esercizi 2.2 e 5.2 risolvi

*Esercizio 10.2*

*Nel giorno del solstizio d'estate la declinazione del Sole è di \_\_\_\_\_ gradi*

*Esercizio 10.3*

*Nel giorno del solstizio d'inverno la declinazione del Sole è di \_\_\_\_\_ gradi*

Il tempo tra due solstizi dello stesso tipo si chiama **anno tropico**. Esso, come è noto, è leggermente superiore ai 365 giorni.

Il movimento in declinazione del Sole dovrebbe essere visibile anche a occidente: il punto in cui il Sole tramonta dovrebbe spostarsi alternativamente a Nord e a Sud del punto cardinale Ovest. Per verificarlo ti potrebbe essere utile il tasto **Tab**<sup>21</sup>, che invece di far passare esattamente 24 ore, posiziona il Sole esattamente al tramonto successivo.

Utilizzando l'acetato Ovest risolvi

*Esercizio 10.4*

*Nel solstizio d'estate il Sole tramonta \_\_\_\_\_ gradi più a Nord del punto Ovest;  
Nel solstizio d'inverno il Sole tramonta \_\_\_\_\_ gradi più a Sud del punto Ovest.*

Un movimento speculare avviene a oriente, all'alba. Purtroppo, però non esiste l'analogo del tasto **Tab**, ma con un po' di pazienza, utilizzando i tasti **h** e **T** potrai verificare che anche il punto in cui sorge il Sole si sposta sempre più a Nord fino al solstizio d'estate, per poi invertire il suo cammino.

Utilizzando l'acetato Est risolvi

*Esercizio 10.5*

*Nel solstizio d'estate il Sole sorge \_\_\_\_\_ gradi più a Nord del punto Est;  
Nel solstizio d'inverno il Sole sorge \_\_\_\_\_ gradi più a Sud del punto Est.*

Naturalmente ci saranno due giorni dell'anno in cui il Sole sorge esattamente a Est, culmina nel mezzocielo e tramonta esattamente a Ovest; in altri termini i giorni in cui il Sole ha

---

<sup>21</sup> E' il tasto grigio a sinistra della Q, sopra il blocca-maiuscole.

declinazione nulla. In questi giorni il dì dura quanto la notte, per cui queste date vengono chiamate *equinozi*<sup>22</sup>.

Utilizzando l'acetato Est oppure quello Ovest risolvi

*Esercizio 10.6*

*Gli equinozi cadono nei giorni \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_*

## **Lezione 11 – Moto in ascensione retta**

Probabilmente avrai già fatto, grazie al computer, un'osservazione che in natura risulta piuttosto difficile: il Sole si sposta rispetto alle stelle non solo in declinazione, ma anche in Ascensione Retta. In altre parole, quando premevi il tasto *d* che fa avanzare il tempo di 24 ore, tutte le stelle si spostavano leggermente verso occidente, per cui, con il passare del tempo, l'astro del giorno passa da una costellazione all'altra.

Se mediti un po' sul motivo per cui questo succede, capirai anche che è possibile dedurre questo movimento da quanto già conosci, e che quindi non c'è bisogno di vedere le stelle di giorno per scoprirlo. Infatti tu sai già che il giorno siderale è di 4 minuti inferiore al giorno solare medio, perciò in 24 ore il Sole compie un giro, ma le stelle ne compiono un po' di più: ecco che quindi appaiono spostate verso occidente.

*Esercizio 11.1*

*Carica il file PARTE\_3.CFG e osserva con attenzione quanto abbiamo stabilito.*

E' equivalente dire che le stelle, nel loro moto diurno, sono più veloci del Sole, oppure affermare che è il Sole a spostarsi in Ascensione Retta; ma gli astronomi preferiscono questa seconda spiegazione, perché in questo modo si può attribuire il fenomeno allo spostamento di un unico oggetto, il Sole appunto.

Portati attorno alle ore 12, guarda verso Sud e cerca di ricostruire questo movimento. Purtroppo non c'è un tasto che fa passare esattamente un giorno siderale, ma puoi comunque simularlo agevolmente premendo il tasto *d* e quattro volte il tasto *T* (maiuscolo). Osserva che le stelle mantengono la loro posizione (serviti di due fili per fissare la posizione di una stella qualsiasi), mentre il Sole scorre verso sinistra (oriente)<sup>23</sup>.

E' importante notare che questo movimento così lento era noto anche agli antichi, che certo non possedevano orologi molto precisi: se guardi a occidente, subito dopo il tramonto del Sole (tasto *Tab*), nel cielo reale si comincerà a vedere la costellazione che sul computer si trova appena sopra l'orizzonte. Dopo qualche settimana questa costellazione non sarà più visibile, dato che in essa avrà preso posto il Sole. L'inverso accadrà a Oriente, prima dell'alba. Tradizionalmente le costellazioni attraversate dal Sole nel suo moto sono dodici, dette *costellazioni zodiacali*:

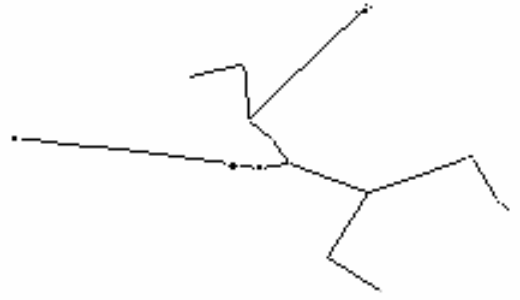
---

<sup>22</sup> Equinozio di primavera quello tra il solstizio d'inverno e quello d'estate, equinozio d'autunno l'altro.

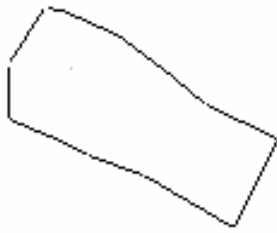
<sup>23</sup> Ovviamente il Sole aumenta contemporaneamente anche la sua declinazione, ma in questo momento non siamo interessati a ciò.



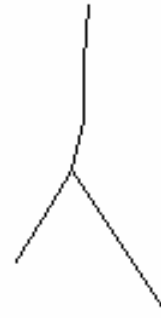
Ariete



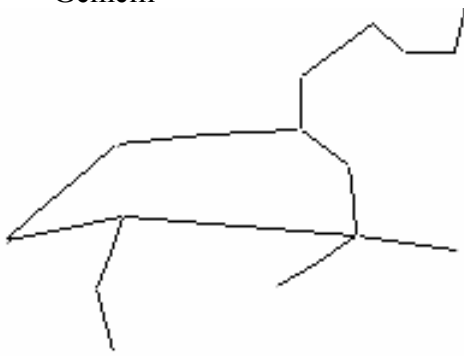
Toro



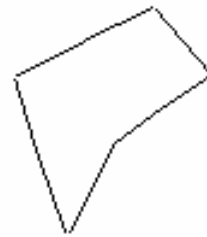
Gemelli



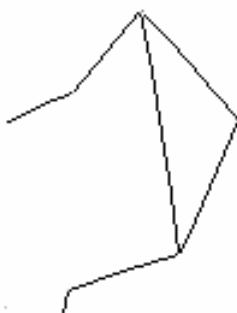
Cancro



Leone



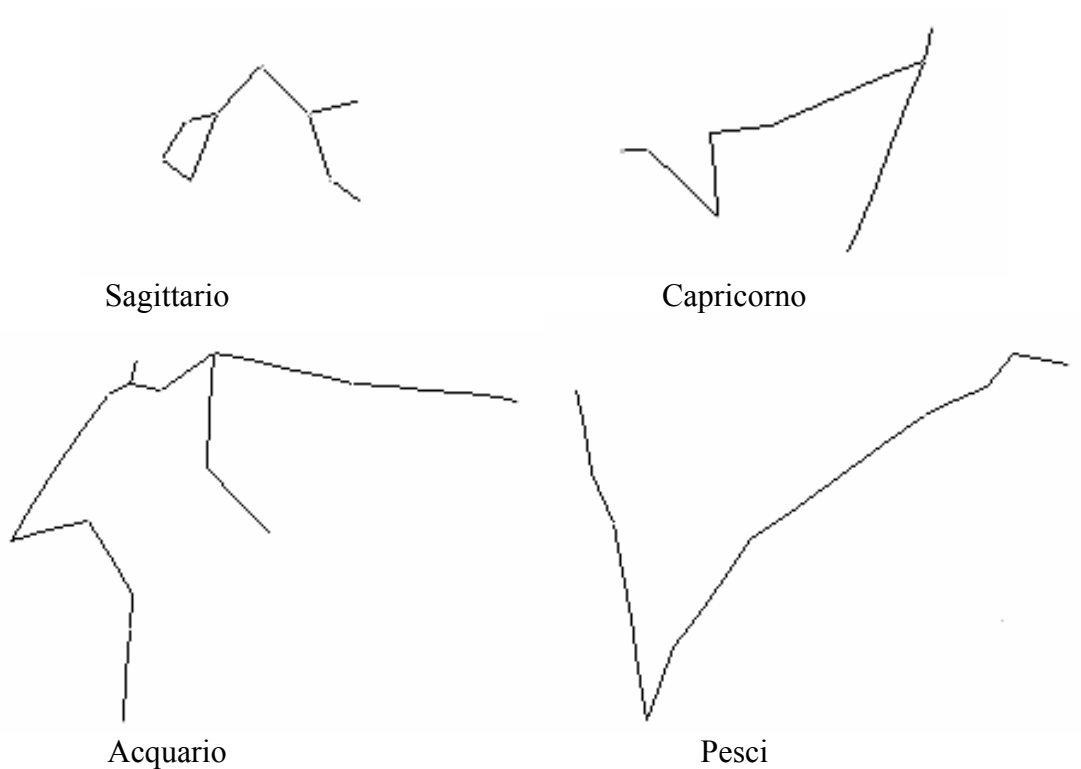
Vergine



Bilancia



Scorpione



### *Esercizio 11.2*

*Premi il tasto **c** che visualizza la forma delle costellazioni e cerca di seguire il percorso del Sole all'interno dello zodiaco.*

Ovviamente, se ti interessa diventare un astrofilo, dovrai esercitarti a riconoscere le costellazioni dapprima senza il tasto **c**, poi nel cielo reale.

## **Lezione 12 - Eclittica**

### *Esercizio 12.1*

*Quanto tempo è necessario al Sole per compiere tutto il giro dello zodiaco?*

E' possibile risolvere questo esercizio anche senza utilizzare Skyglobe: ogni giorno solare le stelle sopravanzano il Sole di 4 minuti, quindi in due giorni il vantaggio sarà di 8 minuti e

così via. Perché il vantaggio sia di un intero giro, cioè di un giorno siderale, saranno necessari ovviamente

$$\frac{23 \text{ h } 56 \text{ min}}{4 \text{ min}} \text{ giorni solari}^{24}$$

cioè 359 giorni solari. Il risultato a cui siamo arrivati è approssimato, perché in realtà la differenza tra giorno solare e giorno siderale è di 4 secondi inferiore ai 4 minuti utilizzati in questo calcolo. Con questo dato si ottiene un valore di poco più di 365 giorni solari. Questo periodo si chiama *anno siderale*.

Ricapitolando ci sono due intervalli temporali che in astronomia vengono chiamati con lo stesso nome: l'anno tropico è il periodo del moto del Sole in declinazione, l'anno siderale è il periodo del moto del Sole in Ascensione Retta. Questi due periodi sono in pratica coincidenti<sup>25</sup>, e ciò ha un'importantissima conseguenza, che in verità è più facile capire utilizzando una sfera armillare che Skyglobe.

Carica il file SFERA.CFG e cancella, per il momento, la solita linea grigia con il tasto F6; individua il Sole, che si trova sull'equatore nella costellazione dei Pesci, dato che è il 21 marzo. Premi ora tre volte il tasto *m* (avanzamento di un mese), e cerca di seguire il movimento della nostra stella all'interno delle costellazioni: esso sale verso il polo Nord fino al punto di massima declinazione (è circa il solstizio d'estate) e contemporaneamente ha variato la sua Ascensione Retta di 90°, un quarto di giro. Dopo altri tre mesi sarà di nuovo sull'equatore (equinozio d'autunno), ma a 180° in A.R. dal punto di partenza: si trova quindi nel punto diametralmente opposto a quello in cui si trovava 6 mesi prima. Ciò significa che dopo altri 6 mesi sarà di nuovo al punto di partenza: la sua traiettoria è chiusa!

Questa traiettoria, che si chiama *eclittica*, si può visualizzare premendo il tasto F6. Osserva più volte il movimento annuo del Sole, facendo passare, a seconda della velocità del tuo computer, un mese oppure un giorno alla volta. Cerca di comprendere bene quello che vedi, soprattutto facendo attenzione al fatto che in questo momento stai astraendo dal movimento orario (i tasti *t* e *h*) che causa il periodico scomparire degli astri sotto l'orizzonte. E' uno dei risultati più importanti di questo corso di astronomia.

---

<sup>24</sup> Questo calcolo comparirà ancora molte volte in questo corso di astronomia; conviene quindi memorizzarlo. Se  $T_1$  e  $T_2$  sono i due periodi di due corpi che ruotano attorno allo stesso centro, il periodo con cui avvengono le congiunzioni è

$$T_{12} = \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2}$$

<sup>25</sup> La leggera differenza dà origine ad un fenomeno, noto come *precessione degli equinozi*, che è osservabile solo su scale di migliaia di anni. Non ne parleremo in questo corso elementare.

# PARTE QUARTA

## La Luna

### Lezione 13 – Moto diurno e mese siderale

In questa quarta parte ci occuperemo della Luna.

Il fenomeno più appariscente che interessa il nostro satellite è quello delle fasi, per il quale esso è talvolta completamente illuminato, talaltra lo è solo a destra o a sinistra. Tuttavia rimandiamo alla prossima lezione lo studio di questo comportamento, e ci occupiamo dapprima del moto diurno della Luna.

Carica il file PARTE\_4.CFG. La Luna è già sorta e si sposta nel cielo come tutti gli altri corpi celesti, da oriente a occidente. Porta la Luna in meridiano e rispondi.

#### Esercizio 13.1

*Il tempo che intercorre tra due transiti della Luna in meridiano è di \_\_\_\_\_*

Il nostro satellite è quindi molto più lento sia del Sole che delle stelle. Ciò vuol dire che è possibile, senza difficoltà, rilevarne il movimento all'interno delle costellazioni del cielo reale osservandolo due giorni di seguito (anzi, con un po' di pazienza, bastano alcune ore).

#### Esercizio 13.2

*Appena caricato il file PARTE4.CFG la Luna si trova nella costellazione \_\_\_\_\_ ; il giorno dopo passa in quella \_\_\_\_\_*

#### Esercizio 13.3

*Perché la Luna ritorni nella stessa costellazione iniziale sono necessari \_\_\_\_\_ giorni*

Questo tempo si chiama **mese siderale**. E' possibile determinarne la durata anche utilizzando esclusivamente il risultato dell'esercizio 13.1, effettuando un calcolo molto simile a quello della lezione 12.

#### Esercizio 13.4

*Utilizzando la formula della lezione 12 (nota 6) e il risultato dell'esercizio 13.1, la durata del mese siderale risulta essere di \_\_\_\_\_ giorni, con un'approssimazione al decimo di giorno.*

Il moto lunare è piuttosto irregolare, quindi i risultati che hai ottenuto tu non sono molto vicini a quelli usati dagli astronomi, che fanno i loro calcoli prendendo in considerazione molte rotazioni della Luna e calcolandone la media. Questi risultati più "ufficiali" sono: 27,3 giorni per il mese siderale e 24h50min per il tempo tra due culminazioni.

### Esercizio 13.5

Verifica che questi due dati sono tra loro compatibili

Se vuoi diventare un astrofilo, non lasciarti sfuggire nessuna occasione di osservare il movimento della Luna: riconosci il suo moto proprio da occidente a oriente, assieme a quello diurno, molto più veloce, da oriente a occidente. Esercitati con Skyglobe, quindi passa al cielo reale.

## Lezione 14 – Fasi e mese sinodico

Carica di nuovo il file PARTE4.CFG e completa la tabella

### Esercizio 14.1

Nei giorni che seguono l'avvio del programma, la Luna ha culminato alle ore indicate:

data	ora	data	ora	data	ora
3/1/96		12/1/96		21/1/96	
4/1/96		13/1/96		22/1/96	
5/1/96		14/1/96		23/1/96	
6/1/96		15/1/96		24/1/96	
7/1/96		16/1/96		25/1/96	
8/1/96		17/1/96		26/1/96	
9/1/96		18/1/96		27/1/96	
10/1/96		19/1/96		28/1/96	
11/1/96		20/1/96		29/1/96	

Come era da aspettarsi in base al risultato dell'esercizio 13.1, se le prime culminazioni avvengono in orari notturni, con il passare dei giorni esse avvengono sempre più tardi, la mattina, il pomeriggio, la sera e poi di nuovo a tarda notte. Ciò significa che la Luna non è visibile solo in orari notturni, come certi luoghi comuni tenderebbero a far credere<sup>26</sup>.

Certo, di giorno il nostro satellite è visibile con difficoltà a causa del chiarore del cielo, e anche per il fenomeno delle *fasi*.

Consideriamo ad esempio il 20 gennaio: Luna e Sole sorgono quasi insieme. E' ben noto che è quest'ultimo astro che ci permette di vedere la Luna, illuminandola; ma in questo caso la parte illuminata del satellite è rivolta verso il Sole, mentre da Terra è invisibile. Per questo motivo, oltre che per il fatto che il Sole ci abbaglierebbe con la sua luce, la Luna in questo giorno non sarà osservabile, nonostante Skyglobe la rappresenti nel suo cielo virtuale. Si dice che la Luna è *nuova*<sup>27</sup>.

Dopo circa una settimana la Luna sorgerà attorno a mezzogiorno. In questo caso sarà illuminata solo la sua parte occidentale (a destra) e rimarrà visibile nel pomeriggio (con difficoltà a causa del chiarore diurno) e nella prima parte della sera. Questa fase è nota come *Luna crescente (primo quarto* se la sua parte illuminata è proprio la metà del disco lunare)<sup>28</sup>. Ancora una settimana e l'astro della notte ha finalmente un nome appropriato al suo comportamento: sorge al tramonto del Sole e tramonta all'alba. Visibile per tutta la notte, è

<sup>26</sup> Sono sicuro che avrai osservato la Luna più di una volta al mattino, recandoti a scuola.

<sup>27</sup> Ogni tanto capita che la Luna passi proprio davanti al disco solare: è il fenomeno dell'eclisse di Sole. Questo non si verifica tutti i mesi perché il moto della Luna è piuttosto irregolare.

<sup>28</sup> Bada che Skyglobe non rappresenta le fasi lunari.

illuminato completamente, dato che la Terra si trova tra esso e il Sole: la fase è detta di **Luna piena**<sup>29</sup>.

Infine dopo un'altra settimana la Luna precede il Sole a oriente: sorge attorno alla mezzanotte, rischiarando il cielo dell'ultima parte della notte e rimane visibile, con difficoltà, durante il mattino, illuminata a oriente (sinistra). La fase è **calante (ultimo quarto)**

#### *Esercizio 14.2*

*Carica il file PARTE3.CFG, diriggi il tuo sguardo a occidente e torna indietro di un'ora. Dovrebbe apparire la Luna in fase \_\_\_\_\_*

Ricarica il file PARTE4.CFG e posizionati alla prossima Luna nuova, il 20 di gennaio, attorno a mezzogiorno, in direzione Sud. Dopo quanto tempo la Luna è ancora nuova? Rispondi premendo più volte il tasto **d**.

#### *Esercizio 14.3*

*Tra due fasi lunari dello stesso tipo (ad esempio tra due Lune nuove) intercorrono \_\_\_\_\_ giorni. Questo periodo si chiama **mese sinodico**.*

Forse hai già intuito il motivo della differenza tra il mese siderale e il mese sinodico: mentre passano i 27,3 giorni necessari alla Luna per ritornare nella stessa costellazione, il Sole non è rimasto fermo, ma ha continuato il suo moto lungo l'eclittica. Utilizzando la solita formula della lezione 12, dove questa volta i due periodi sono l'anno siderale e il mese siderale, si ottiene, per il mese sinodico, con buona approssimazione il risultato dell'esercizio precedente.

#### *Esercizio 14.4*

*Calcolando con la formula della lezione 12 (nota 6), la durata del mese sinodico risulta \_\_\_\_\_ giorni.*

---

<sup>29</sup> Quando la Luna si trova nel cono d'ombra della Terra si verifica un'eclisse di Luna.

# PARTE QUINTA

## Elementi di geometria sferica

### Lezione 15 – Triangoli rettangoli sferici

Le proprietà geometriche delle figure tracciate su una superficie sferica sono diverse da quelle studiate dalla geometria piana. In queste note ci occuperemo solo dei triangoli sferici.

Bisogna prestare particolare attenzione a cosa si intende con l'espressione *triangolo sferico*: nella geometria piana i tre vertici di un triangolo vanno collegati da tre linee, i lati, che devono essere segmenti rettilinei. Ad esempio, questa figura piana, pur avendo tre vertici, non è un triangolo.



Allo stesso modo, i tre lati di un triangolo sferico devono essere degli archi di circonferenza massima, cioè, opportunamente prolungati, devono passare per due punti diametralmente opposti della sfera.

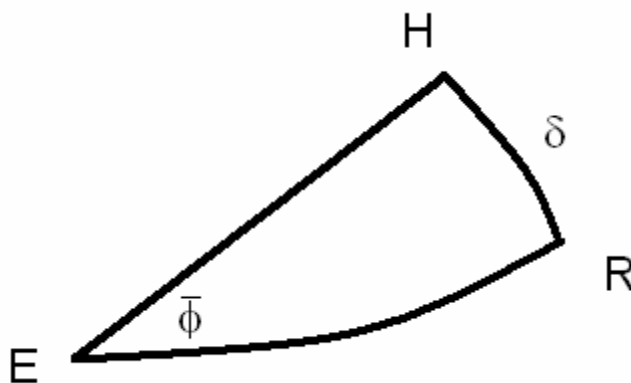
Le circonferenze massime che vengono usate di più in astronomia sono

- l'orizzonte (passa per i quattro punti cardinali)
- l'equatore (passa per i punti cardinali Est e Ovest)
- il meridiano celeste (passa per lo zenit e il nadir)
- i cerchi orari (passano per il polo Nord e il Polo sud e servono per misurare la declinazione)

Non sono cerchi massimi, e non possono essere utilizzati per tracciare triangoli sferici, ad esempio

- i paralleli di declinazione
- i paralleli di altezza.

Uno dei triangoli sferici usati più spesso è quello in figura, dove E rappresenta il punto cardinale Est, R un astro che sta sorgendo, ER un arco di orizzonte (si chiama *azimut* del punto di levata di R), EH l'equatore (che forma un angolo  $\bar{\varphi}$  = colatitudine con l'orizzonte), HR la declinazione (sud) della stella R. L'angolo in H è retto.



Un problema che riusciremo a risolvere sarà questo: dove sorge una stella di data declinazione? Per fare ciò abbiamo bisogno di alcune nozioni di trigonometria sferica, che vengono qui fornite senza dimostrazione.

### Proprietà dei triangoli rettangoli

	triangoli piani	triangoli sferici
<b>lati</b>	si misurano in metri	si misurano in gradi
<b>angoli</b>	la somma è 180°	la somma NON è 180°
<b>teorema di Pitagora</b>	$(ipotenusa)^2 = (cateto)^2 + (cateto)^2$	$\cos(ipotenusa) = \cos(cateto) \cdot \cos(cateto)$
<b>cateto opposto e ipotenusa</b>	$\text{sen(angolo)} = \frac{\text{cateto opposto}}{\text{ipotenusa}}$	$\text{sen(angolo)} = \frac{\text{sen(cateto opposto)}}{\text{sen(ipotenusa)}}$
<b>cateto adiacente e ipotenusa</b>	$\text{cos(angolo)} = \frac{\text{cateto adiacente}}{\text{ipotenusa}}$	$\text{cos(angolo)} = \frac{\text{tg(cateto adiacente)}}{\text{tg(ipotenusa)}}$
<b>due cateti</b>	$\text{tg(angolo)} = \frac{\text{cateto opposto}}{\text{cateto adiacente}}$	$\text{tg(angolo)} = \frac{\text{tg(cateto opposto)}}{\text{sen(cateto adiacente)}}$

Applicazione al problema precedente.

ER è l'ipotenusa. La declinazione è il cateto opposto alla colatitudine, perciò si potrà usare la formula

$$\text{sen(angolo)} = \frac{\text{sen(cateto opposto)}}{\text{sen(ipotenusa)}}$$

che in questo caso diventa

$$\text{sen}(\bar{\varphi}) = \frac{\text{sen}(\delta)}{\text{sen(ER)}}$$

cioè

$$\text{sen(ER)} = \frac{\text{sen}(\delta)}{\text{sen}(\bar{\varphi})} \quad (\text{formula 15})$$

Verifichiamo i casi particolari

Se  $\bar{\varphi} = 90^\circ$  allora la formula ci fornisce  $ER = \delta$  come è giusto.

Se  $\bar{\varphi} = 0^\circ$  allora la formula ci fornisce un risultato impossibile come è giusto.

Se  $\delta = 0^\circ$  allora la formula ci fornisce  $ER = 0$  come è giusto.

Se  $\delta = \bar{\varphi}$  allora la formula ci fornisce  $\text{sen(ER)} = 1$ , cioè  $ER = 90^\circ$ , cioè R si trova nel punto cardinale Sud, come è giusto.

Se  $\delta > \bar{\varphi}$  allora la formula ci fornisce  $\text{sen}(ER) > 1$ , risultato impossibile, come è giusto, perché in tal caso R sarebbe sempre sotto l'orizzonte.

*Esercizio 15.1*

*Utilizzando la declinazione che hai misurato nell'esercizio 5.2, l'azimut di levata di Rigel previsto dalla formula 15 è \_\_\_\_\_. Utilizzando Skyglobe e l'acetato Est si ottiene invece \_\_\_\_\_.*

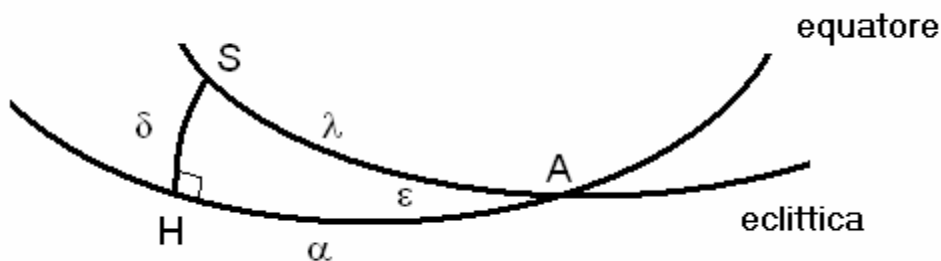
*Esercizio 15.2*

*Controlla se la formula 15 si può applicare anche ad una stella di declinazione Nord. Bada di disegnare un vero triangolo sferico, non puoi usare il parallelo di declinazione*

*Esercizio 15.3*

*Supponi che due astri abbiano la stessa ascensione retta, ma che l'astro R si trovi sull'equatore, mentre l'astro T ha declinazione 10° Sud. Quanto tempo passa tra la levata di R e quella di T? Rispondi studiando il disegno del triangolo sferico di pag. 26.*

Affrontiamo ora un altro problema: quanto vale la declinazione del sole in una certa data? Qui il triangolo sferico da considerare è il seguente AHS:



dove S è il sole, A è il punto dell'equinozio di primavera, AH è l'equatore e SA è l'eclittica. L'angolo formato da equatore ed eclittica si indica con  $\epsilon$  e vale circa  $23,5^\circ$  (corrisponde infatti alla massima declinazione del sole).

Se conosciamo la data, possiamo calcolare quanti giorni sono passati dall'equinozio di primavera, e risalire al lato  $\lambda$ , detta longitudine eclittica. Ad esempio per il 13 maggio, che viene 54 giorni dopo l'equinozio,  $\lambda$  sarà circa  $\frac{54}{365} \cdot 360^\circ = 53^\circ$ .

Perciò nel triangolo AHS

$$\sin(\varepsilon) = \frac{\sin(\delta)}{\sin(\lambda)}$$

da cui  $\sin(\delta) = \sin(\varepsilon) \sin(\lambda) = \sin 23,5^\circ \sin 53^\circ = 0,318$   
 $\delta = 18^\circ$

*Esercizio 15.4*

*Controlla il risultato qui fornito utilizzando Skyglobe e scrivi come hai fatto.*

---

---

Stai proprio diventando un bravo astronomo teorico! Ma non trascurare le osservazioni, quelle reali!

## LA BUSTINA DI MINERVA

**Umberto Eco**

### Lo sapete che nessuno ha mai detto che la Terra è piatta?

SI È APPENA CONCLUSO L'ANNO COLOMBIANO, ma provate a domandare a qualcuno che cosa Colombo volesse dimostrare quando voleva "buscar" il Levante per il Ponente, e che cosa gli astronomi di Salamanca si ostinavano a negare. Molti vi diranno che Colombo voleva mostrare che la terra è sferica, e quei dissennati sostenevano invece che era piatta, e che appena passate le colonne d'Ercole le navi sarebbero cadute oltre il bordo del disco terrestre.

Se non trovate persone che ripetono questa fanfaluca, consolatevi, ma sappiate che Jeffrey Burton Russell, spulciando una serie amplissima di libri di testo per le scuole americane, anche di libri di livello universitario, ha registrato una impressionante sopravvivenza di tale diceria (di questo "Inventing the flat earth" Bompiani ci promette una traduzione).

Colombo non aveva bisogno di provare che la terra fosse una sfera perché nessuno ne dubitava. Anzi, i dotti di Salamanca, per sostenere l'impossibilità dell'impresa, si rifacevano a calcoli sulle dimensioni del pianeta che erano più precisi dei suoi, e lui per poter partire aveva rubato sul peso. Naturalmente nessuna delle due parti sospettava che ci fosse un'America di mezzo.

Se rivelate che ai tempi di Colombo la terra era tranquillamente tonda, vi si obietterà che però la credevan piatta nel Medioevo. Chiedete allora come faceva Dante a penetrare nell'imbuto infernale e uscire dall'altra parte, e il vostro contendente vi dirà che però prima di lui tutti appartenevano al Club dei Piatti. Se domandate come aveva fatto Tolomeo, nel secondo secolo dopo Cristo, a dividere il globo in trecentosessanta gradi di meridiano, e Eratostene, nel terzo avanti Cristo, a calcolare con buona approssimazione la lunghezza dell'equatore, vi si dirà che va bene, ma Aristotele, Platone, i Presocratici... Ebbene, no. Pitagora, Parmenide, Eudosso, Platone, Aristotele,

Euclide, Aristarco e Archimede appartenevano al Club dei Tondi. Uniche eccezioni, forse, Leucippo e Democrito. Proprio Democrito, così scientifico-materialista? Come diceva mia nonna, studiano tanto e poi sono più bestie degli altri.

Ma molti studiosi, che cercano a tutti i costi gli appartenenti al Club dei Piatti, hanno a questo punto l'argomento di riserva: con l'avvento del cristianesimo si sono rifiutate le teorie pagane per privilegiare una lettura letterale della Bibbia, dove si dice talora che la terra è come una tenda o un tabernacolo (dimenticando così per secoli l'astronomia classica). Invece no. Caso mai i padri della Chiesa, Agostino in testa, ragionavano così: la Bibbia parla anche per metafore e non si pronuncia sulla forma della terra, che probabilmente è sferica, ma non è discutendo di queste cose che si salva l'anima, e quindi lasciamo perdere. Persino negli anni bui un personaggio credulo e fantasioso come Isidoro di Siviglia, malgrado qualche accenno ambiguo, a un certo punto calcola la lunghezza equatoriale in ottantamila stadi. E dunque.

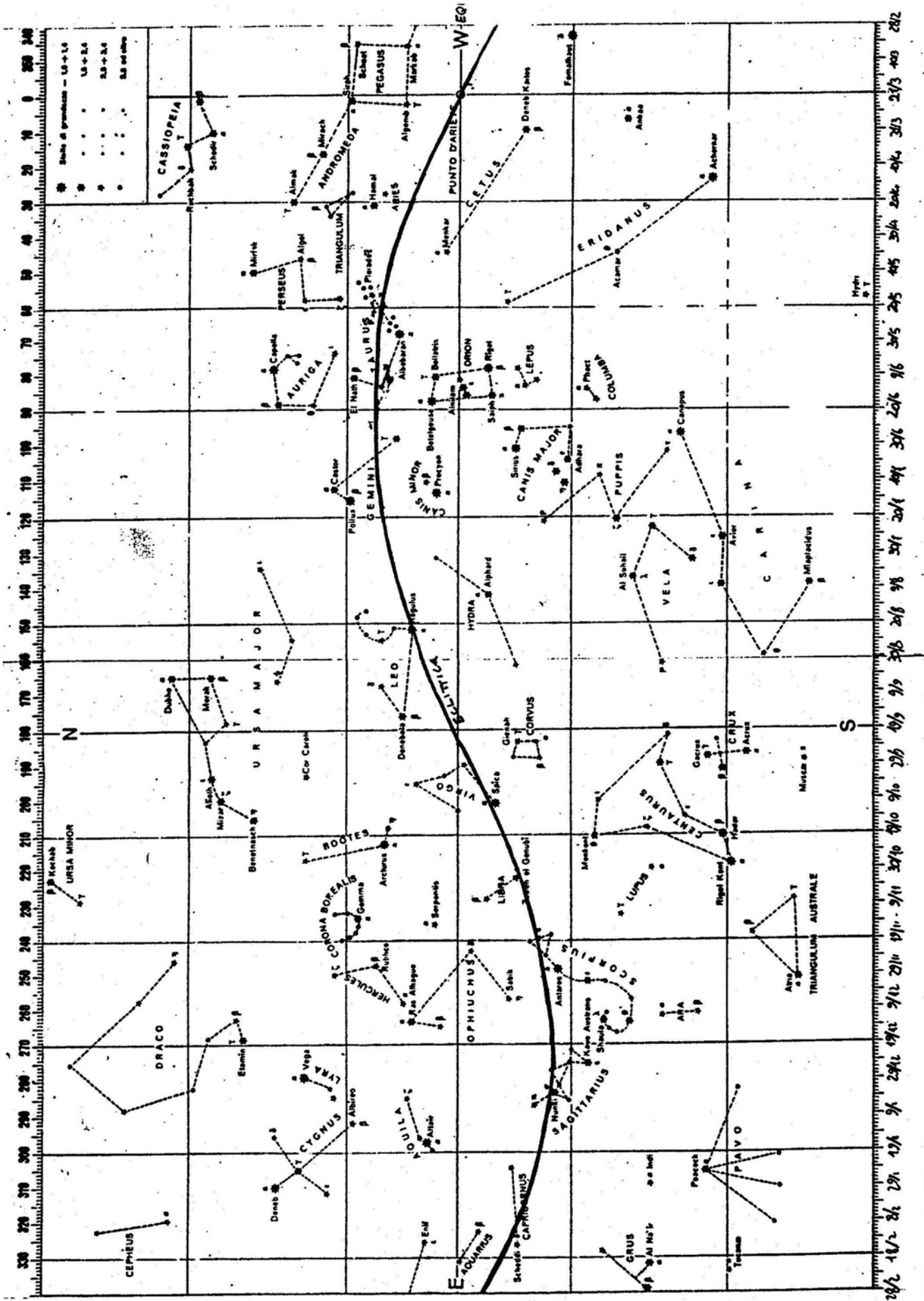
Ma allora nessun cristiano ha detto che la terra era piatta? Sì, Lattanzio (terzo-quarto secolo), che era invelenito contro ogni idea pagana, e nel sesto secolo un bizantino, Cosma Indicopleuste, la cui "Topografia cristiana" sarebbe potuta diventare il manuale ufficiale del Club dei Piatti, se il Medioevo occidentale l'avesse conosciuto. Ma la prima traduzione latina di questa specie di Menocchio

appare solo nel 1706, e solo allora tutti esultarono perché finalmente si era dimostrato che Padri e Dottori appartenevano al Club dei Piatti. E allora come nasce la leggenda?

Nasce in ambiente copernicano, perché la Chiesa negava l'eliocentrismo (questo sì) ed era polemicamente fruttuoso far di ogni erba un fascio. E poi viene diffusa da uomini di scienza dell'Ottocento in polemica contro gli antidarwinisti protestanti e cattolici. Tutti parlano per sentito dire, ma persino un uomo colto come Andrew Dickson White, nella sua "Storia della scienza contro la teologia" (1896), pur sapendo benissimo che il Club dei Tondi appartenevano Origene, Ambrogio, Agostino, Alberto Magno, San Tommaso e compagnia bella, lo ammette a denti stretti, ma dice che per sostenerlo avevano dovuto lottare contro il pensiero teologico dominante. E loro chi erano, se non il pensiero teologico dominante?

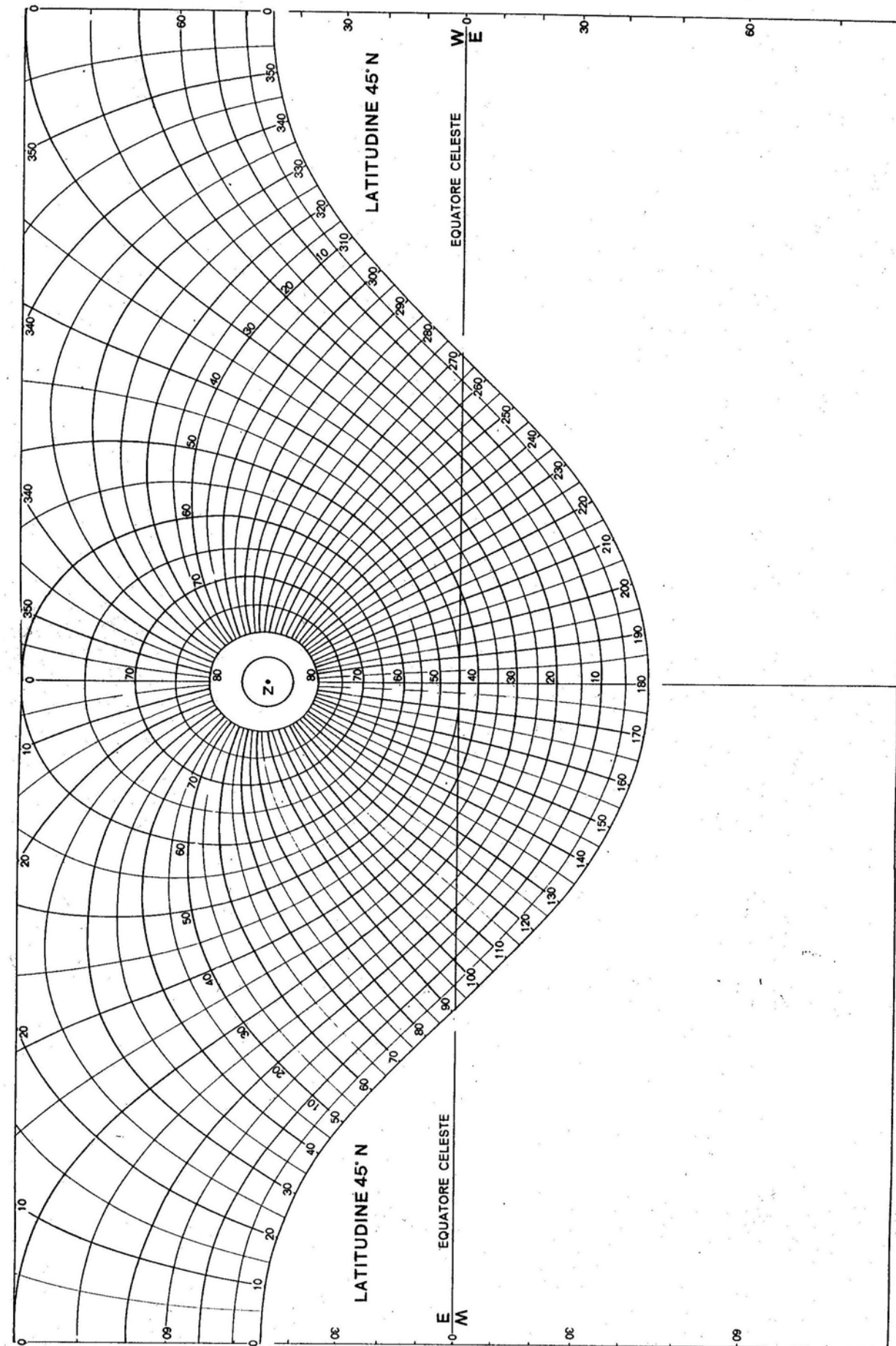
A me la storia raccontata da Russell pare molto istruttiva, e non tanto perché assolve i miei amati medievali da un peccato che non avevano commesso, ma perché mette in scena la dinamica della diceria. Ci sono certe idee falsissime, che una volta messe in circolazione fanno moltissimo "mostro in prima pagina", e da quel momento il mostro è troppo affascinante (e vende troppo bene) per liquidarlo. E le smentite in corpo otto affaticano la vista.

L'Espresso 17 GENNAIO 1993



360 350 340 330 320 310 300 290 280 270 260 250 240 230 220 210 200 190 180 170 160 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0 360 350 340 330 320 310 300 290 280 270 260 250 240 230 220 210 200 190 180 170 160 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0

282



## Nomi e sigle delle costellazioni

Sigla	Nome latino	Nome italiano
And	Andromeda	Andromeda
Ant	Antlia	Macchina pneumatica
Aps	Apus	Uccello del Paradiso
Aql	Aquila	Aquila
Aqr	Aquarius	Acquario
Ara	Ara	Altare
Ari	Aries	Ariete
Aur	Auriga	Auriga
Boo	Bootes	Boote
Cae	Caelum	Bulino
Cam	Camelopardalis	Giraffa
Cap	Capricornus	Capricorno
Car	Carina	Carena
Cas	Cassiopeia	Cassiopea
Cen	Centaurus	Centauro
Cep	Cepheus	Cefeo
Cet	Cetus	Balena
Cha	Chamaeleon	Camaleonte
Cir	Circinus	Compasso
CMA	Canis Major	Cane Maggiore
CMi	Canis Minor	Cane Minore
Col	Columba	Colomba
Com	Coma Berenices	Chioma di Berenice
Cnc	Cancer	Cancro
CrA	Corona Australis	Corona Australe
CrB	Corona Borealis	Corona Boreale
Crt	Crater	Cratere
Cru	Crux	Croce del Sud
Crv	Corvus	Corvo
CVn	Canes Venatici	Cani da caccia
Cyg	Cygnus	Cigno
Del	Delphinus	Delfino
Dor	Dorado	Dorado
Dra	Draco	Dragone
Equ	Equuleus	Cavallino
Eri	Eridanus	Eridano
For	Fornax	Fornace
Gem	Gemini	Gemelli
Gru	Grus	Gru
Her	Hercules	Ercole
Hor	Horologium	Orologio
Hya	Hydra	Idra
Hyi	Hydrus	Idra Maschio
Ind	Indus	Indiano

Sigla	Nome latino	Nome italiano
Lac	Lacerta	Lucertola
Leo	Leo	Leone
Lep	Lepus	Lepre
Lib	Libra	Bilancia
LMi	Leo Minor	Leoncino
Lup	Lupus	Lupo
Lin	Lynx	Lince
Lyr	Lyra	Lira
Men	Mensa	Tavola
Mic	Microscopium	Microscopio
Mon	Monoceros	Unicorno
Mus	Musca	Mosca
Nor	Norma	Regolo
Oct	Octans	Ottante
Oph	Ophiucus	Ofiuco
Ori	Orion	Orione
Pav	Pavo	Pavone
Peg	Pegasus	Pegaso
Per	Perseus	Perseo
Phe	Phoenix	Fenice
Pic	Pictor	Cavalletto del Pittore
PsA	Piscis Austrinus	Pesce Australe
Psc	Pisces	Pesci
Pup	Puppis	Poppa
Pyx	Pyxis	Bussola
Ret	Reticulum	Reticolo
Scl	Sculptor	Scultore
Sco	Scorpius	Scorpione
Sct	Scutum	Scudo di Sobieski
Ser	Serpens	Serpente
Sex	Sextans	Sestante
Sge	Sagitta	Freccia
Sgr	Sagittarius	Sagittario
Tau	Taurus	Toro
Tel	Telescopium	Telescopio
TrA	Triangulum Australe	Triangolo Australe
Tri	Triangulum	Triangolo Boreale
Tuc	Tucana	Tucano
UMa	Ursa Major	Orsa Maggiore
UMi	Ursa Minor	Orsa Minore
Vel	Vela	Vela
Vir	Virgo	Vergine
Vol	Volans	Pesce Volante
Vul	Vulpecula	Volpetta

## INDICE ANALITICO

- altezza; 6*
- anno siderale; 22*
- anno tropico; 18*
- ascensione retta; 13*
- azimut; 26*
- colatitudine; 11*
- coordinate geografiche; 13*
- costellazioni zodiacali; 19*
- culminazione; 9*
- declinazione; 12*
- dì; 17*
- eclittica; 22*
- equatore celeste; 10*
- equinozi; 19*
- est; 9*
- fasi lunari; 24*
- giorno siderale; 8*
- giorno solare; 17*
- latitudine; 11*
- linea visuale; 4*
- luna calante; 25*
- luna crescente; 24*
- luna nuova; 24*
- luna piena; 25*
- meridiano locale; 10*
- mese siderale; 23*
- mese sinodico; 25*
- mezzocielo; 11*
- mezzogiorno astronomico; 17*
- nord; 9*
- notte; 17*
- occidente; 8*
- oriente; 8*
- ovest; 9*
- polo nord celeste; 9*
- polo nord terrestre; 16*
- solstizio d'estate; 18*
- solstizio d'inverno; 18*
- stelle circumpolari; 9*
- sud; 9*
- zenit; 5*