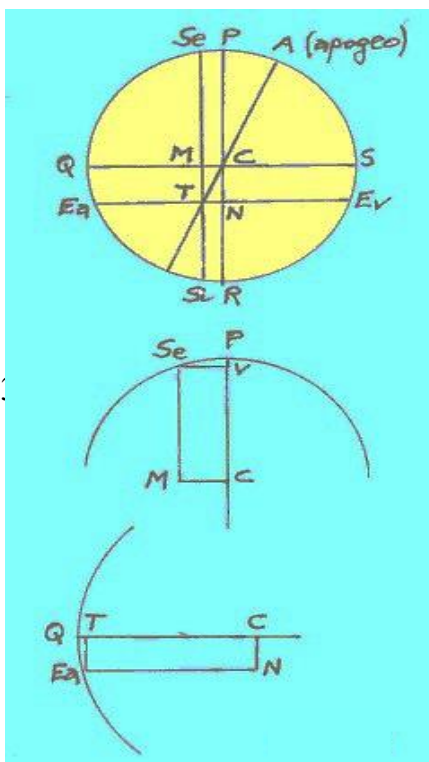


## Eccentricità della posizione della Terra

Quando Ipparco si dedicò a stabilire la lunghezza dell'anno tropico, per prima cosa volle determinare se l'antica credenza sulla variabilità della sua durata avesse qualche fondamento (secondo Teone di Smirne la credenza risaliva a Talete). Tolomeo dice che la conclusione di Ipparco fu che la piccolezza nelle differenze faceva propendere nell'attribuirle a imprecisione nelle osservazioni.

Stabilito ciò, Ipparco calcolò il numero di giorni intercorsi tra un solstizio estivo osservato da Aristarco nel 280 a.C. e un solstizio estivo che lo stesso Ipparco aveva osservato nel 135 a.C. Prendendo come durata-base dell'anno il numero di giorni  $365 + \frac{1}{4}$ , ottenne che tra le due date erano trascorsi  $145 \cdot 365.25 = 52961.25$  giorni. Secondo le sue stime circa gli istanti esatti in cui si erano verificati i due solstizi, egli concluse che al numero di giorni precedente doveva essere tolta mezza giornata per cui si arrivava a 52960.75 giorni. Ipparco allora ragionò più o meno così: l'anno tropico mostrava di essere più corto, rispetto al valore-base di 365.25 giorni, di mezza giornata in 150 anni, cioè di una intera giornata in 300 anni. Allora, poiché  $300 \cdot 365.25 - 1 = 109574$ , si ha che la lunghezza effettiva dell'anno tropico dev'essere  $109574 / 300 = 365.2466667$ , che Ipparco espresse alla maniera di allora con  $365 + \frac{1}{4} - \frac{1}{300}$ . Questo valore ottenuto da Ipparco rappresenta un notevolissimo risultato (si pensi che 1600 anni dopo, per la riforma gregoriana del calendario, si adottò il valore di  $365 + \frac{1}{4} - \frac{3}{400}$ , cioè 365.2425).

Nel corso della sua indagine sulla durata effettiva dell'anno tropico, l'accertamento della durata delle singole stagioni astronomiche (prima misura di questo tipo dotata di una ottima precisione) portò Ipparco a una importantissima (e precisissima) determinazione: quella della **longitudine dell'apogeo dell'orbita solare**. Oggi noi sappiamo che la longitudine dell'apogeo progredisce continuamente (furono gli Arabi, circa un millennio dopo Ipparco, a scoprirlo per primi). Ipparco non poté scoprirlo perché prima di lui nessuno aveva fatto questa determinazione di longitudine. (Tolomeo dice di aver eseguito un suo calcolo di longitudine, in base a sue misure di durata delle stagioni, e di aver ottenuto gli stessi risultati di Ipparco. Lo stesso dice Teone di Alessandria che visse nel tardo IV secolo d.C. Evidentemente, entrambi devono essere stati quanto meno poco fortunati osservatori per questa determinazione, perché avrebbero ben dovuto trovare valori diversi da quelli trovati da Ipparco).



Diamo ora una trattazione succinta del calcolo di longitudine dell'apogeo solare eseguito da Ipparco (ricorrendo per semplificare alle funzioni trigonometriche). Si osservi la figura (il cerchio rappresenta l'eclittica-orizzonte visto dal polo nord). **Ev** è l'equinozio vernale (di primavera), **Ea** l'equinozio autunnale, **Se** il solstizio estivo. Secondo le osservazioni di Ipparco, l'arco **Ev-Se** era percorso dal Sole in 94.5 giorni e l'arco **Se-Ea** era percorso in 92.5 giorni.

Allora possiamo scrivere:

e dalle quali si ricava:

$$\text{Arco primaverile Ev-Se} = 93^{\circ}.1417, \text{ arco}$$

$$\text{estivo S-Ea} = 91^{\circ}.1704,$$

$$\text{arco somma dei due Ev-Se-Ea} = 184^{\circ}.3121$$

Possiamo dunque stabilire che gli archi Q-Ea ed Se-P avranno le seguenti ampiezze:

$$Q-Ea = S-Ev = 4^{\circ}.3121/2 = 2^{\circ}.15605$$

$$Se-P = Si-R = 93^{\circ}.1417 - 90^{\circ} - 2^{\circ}.15605 = 0^{\circ}.98565$$

Ora dobbiamo calcolare le lunghezze CM e CN. Essendo gli archi Se-P e Q-Ea abbastanza piccoli, li possiamo ritenere uguali rispettivamente ai segmenti Se-V e Ea-T. Inoltre, ricordiamo che in trigonometria si usa spesso ammettere che la lunghezza di archi piccoli (come Se-P e QEa) sia eguale al valore del seno dell'arco stesso. In base a ciò, avremo:

$$CM = Se-V \cong Se-P \cong \text{sen}(0^\circ.98565) = 0.0172$$

$$CN = Ea-T \cong Q-Ea \cong \text{sen}(2^\circ.15605) = 0.03762.$$

E finalmente possiamo ricavare la longitudine dell'apogeo Ev-A e l'eccentricità TC.

$$\text{Longitudine apogeo} = \arctan(CN/CM) = \arctan(2.18721) = 65^\circ.4$$

$$\text{Eccentricità} = (CM^2 + CN^2)^{1/2} = 0.041365$$

Il risultato di longitudine è eccellente: è prossimo di circa 1° alla longitudine effettiva dell'apogeo solare nel 140 a.C. Il risultato dell'eccentricità è invece piuttosto impreciso.