



# OLIMPIADI ITALIANE DI ASTRONOMIA 2021

Finale Nazionale – 3 luglio

prova pratica - categoria Senior

## 1. Sulla carta del cielo

Esaminate la mappa del cielo allegata, che rappresenta la sfera celeste tra  $\delta = -70^\circ$  e  $\delta = +70^\circ$  in proiezione di Mercatore. Le stelle di prima grandezza (cioè quelle più luminose) sono indicate con il simbolo di una stella e il nome proprio, le stelle di seconda grandezza con un cerchietto, le altre con pallini neri. Vi trovate a Perugia ( $\varphi = 43^\circ 06' 43''$  N,  $\lambda = 12^\circ 23' 2''$  E).

1. Quale è il tempo siderale locale quando osservate la stella Regolo ( $\alpha$  Leo) transitare al meridiano?
2. Quale può essere il tempo siderale locale quando osservate la stella Merak ( $\beta$  UMa) transitare al meridiano?
3. La Luna all'ultimo quarto si trova nella costellazione della Bilancia. In quale costellazione si trova il Sole?
4. Sulla mappa la linea dell'eclittica forma una curva a onda sinusoidale, mentre l'equatore celeste è una linea retta più corta. Osservate sulla volta celeste, quale delle due è più lunga?
5. Quale è la stella di prima grandezza più vicina al Sole al solstizio d'inverno?
6. Quale è il periodo dell'anno migliore per osservare più alta in cielo la costellazione della Colomba?
7. Stimare in quale giorno dell'anno la Luna al primo quarto occulta l'ammasso M35 nella costellazione dei Gemelli.
8. All'osservatorio di Greenwich a una certa ora della sera la stella  $\gamma$  Andromedae transita al meridiano in direzione sud. Indicate la costellazione equatoriale (che si trova in prossimità o è attraversata dall'equatore celeste) che passa al meridiano in direzione sud in quell'istante nelle diverse altre città riportate in tabella.

Città	Longitudine	Costellazione
Abu Dhabi	$54^\circ 22'$ E	
Madison	$89^\circ 22'$ O	
Pechino	$116^\circ 25'$ E	
Göteborg	$11^\circ 58'$ E	
Papeete	$139^\circ 34'$ O	
Montevideo	$56^\circ 11'$ O	
Honolulu	$157^\circ 52'$ O	

## Soluzione

1. A Perugia solo le stelle con  $\delta > 90^\circ - \varphi = 90^\circ - 43^\circ 06' 43'' = 46^\circ 53' 17''$  sono circumpolari. Quindi Regolo non è circumpolare e, se viene osservata transitare al meridiano, si tratta di un passaggio in direzione sud (= culminazione superiore, altezza dell'oggetto sull'orizzonte massima). Per un qualsiasi osservatore il tempo siderale locale  $\theta$  coincide con l'ascensione retta delle stelle che in quell'istante transitano al meridiano in direzione sud. Dalla mappa vediamo che l'ascensione retta di Regolo è  $AR_{\text{Regolo}} \approx 10\text{h } 5\text{m}$ , quindi il tempo siderale locale a Perugia al momento in cui Regolo passa al meridiano in direzione sud è  $\theta_{\text{Perugia}} \approx 10\text{h } 5\text{m}$ .
2. Dalla mappa vediamo che Merak ha una declinazione maggiore di  $50^\circ$ , quindi vista da Perugia risulta circumpolare. Ne segue che il transito al meridiano può essere osservato sia in culminazione superiore che inferiore (= passaggio al meridiano in direzione nord, altezza dell'oggetto sull'orizzonte minima). L'ascensione retta di Merak è  $AR_{\text{Merak}} \approx 11\text{h}$ . Per un transito in culminazione superiore e per uno in culminazione inferiore avremo rispettivamente:

$$\theta_{\text{superiore}} \approx 11\text{h} \quad \theta_{\text{inferiore}} \approx 11\text{h} + 12\text{h} = 23\text{h}$$

3. All'ultimo quarto la Luna si trova nei pressi dell'eclittica  $90^\circ$  (= 6h di ascensione retta) a ovest del Sole. Se la Luna è nella costellazione della bilancia la sua ascensione retta è:  $AR_{\text{Luna}} \approx 15\text{h}$ . Poiché l'ascensione retta aumenta da ovest verso est, per l'ascensione retta del Sole otteniamo:

$$AR_{\text{Sole}} = AR_{\text{Luna}} + 6\text{h} \approx 21\text{h}$$

Dalla mappa ricaviamo che il Sole si trova nella costellazione del Capricorno.

4. L'eclittica e l'equatore celeste sono entrambi cerchi massimi sulla sfera celeste. Coprono entrambe  $360^\circ$  e quindi hanno pari lunghezza.
5. Per definizione, all'equinozio di primavera l'ascensione retta del Sole è di 0h. Poiché nel corso dell'anno l'ascensione retta del Sole aumenta, il giorno del solstizio d'inverno il Sole si trova sull'eclittica a 18h di ascensione retta. Dalla mappa vediamo che la stella di prima grandezza più vicina è Antares ( $\alpha$  Sco).

6. Il periodo migliore per osservare una data stella/costellazione è quando essa si trova in direzione opposta al Sole, perché potremo osservare il suo passaggio al meridiano in direzione sud circa a mezzanotte. Dalla mappa vediamo che la costellazione della Colomba ha un'ascensione retta di circa 6h, quindi sarà in direzione opposta al Sole quando  $AR_{\text{Sole}} \approx 18 \text{ h}$ , ovvero tra fine dicembre e inizio gennaio in prossimità del solstizio d'inverno.
7. Quando la Luna è al primo quarto si trova 6h di ascensione retta a est del Sole. Dalla mappa vediamo che l'ascensione retta di M35 è  $AR_{\text{(M35)}} \approx 6\text{h}$ . Quindi quando la Luna al primo quarto lo occultava, l'ascensione retta del Sole  $AR_{\odot}$  vale:

$$AR_{\odot} = AR_{\text{(M35)}} - 6\text{h} \approx 0\text{h}$$

Quindi la Luna al primo quarto occultava l'ammasso M35 in prossimità dell'equinozio di primavera.

8. In una certa località e in un certo istante transitano al meridiano in direzione sud le stelle che hanno l'ascensione retta uguale al tempo siderale locale. Vediamo dalla mappa che  $\gamma$  Andromedae ha  $AR \approx 2\text{h}$ , quindi all'istante in cui passa al meridiano in direzione sud si ha:

$$\theta_{\text{Greenwich}} \approx 2 \text{ h}$$

In ogni istante la differenza di tempo siderale  $\Delta\theta$  tra due località diverse corrisponde alla loro differenza di longitudine  $\Delta\lambda$ :

$$\Delta\theta = \Delta\lambda$$

La longitudine, che vale  $0^\circ$  a Greenwich per definizione, ha segno positivo se misurata da Greenwich verso est e segno negativo se misurata da Greenwich verso ovest. Quindi il tempo siderale  $\theta_L$  in una qualsiasi località a longitudine  $\lambda_L$  è pari a:

$$\theta_L = \theta_{\text{Greenwich}} \pm \frac{24 \text{ h} \cdot \lambda_L}{360^\circ}$$

Svolgiamo il calcolo per Abu Dhabi:

$$\theta_{\text{Abu Dhabi}} = \theta_{\text{Greenwich}} + \frac{24 \text{ h} \cdot 54^\circ.37}{360^\circ} \approx 2\text{h} + 3\text{h } 37\text{m} = 5\text{h } 37\text{m}$$

Quindi quando a Greenwich passa al meridiano  $\gamma$  Andromedae, la costellazione equatoriale che passa al meridiano in direzione sud ad Abu Dhabi è Orione.

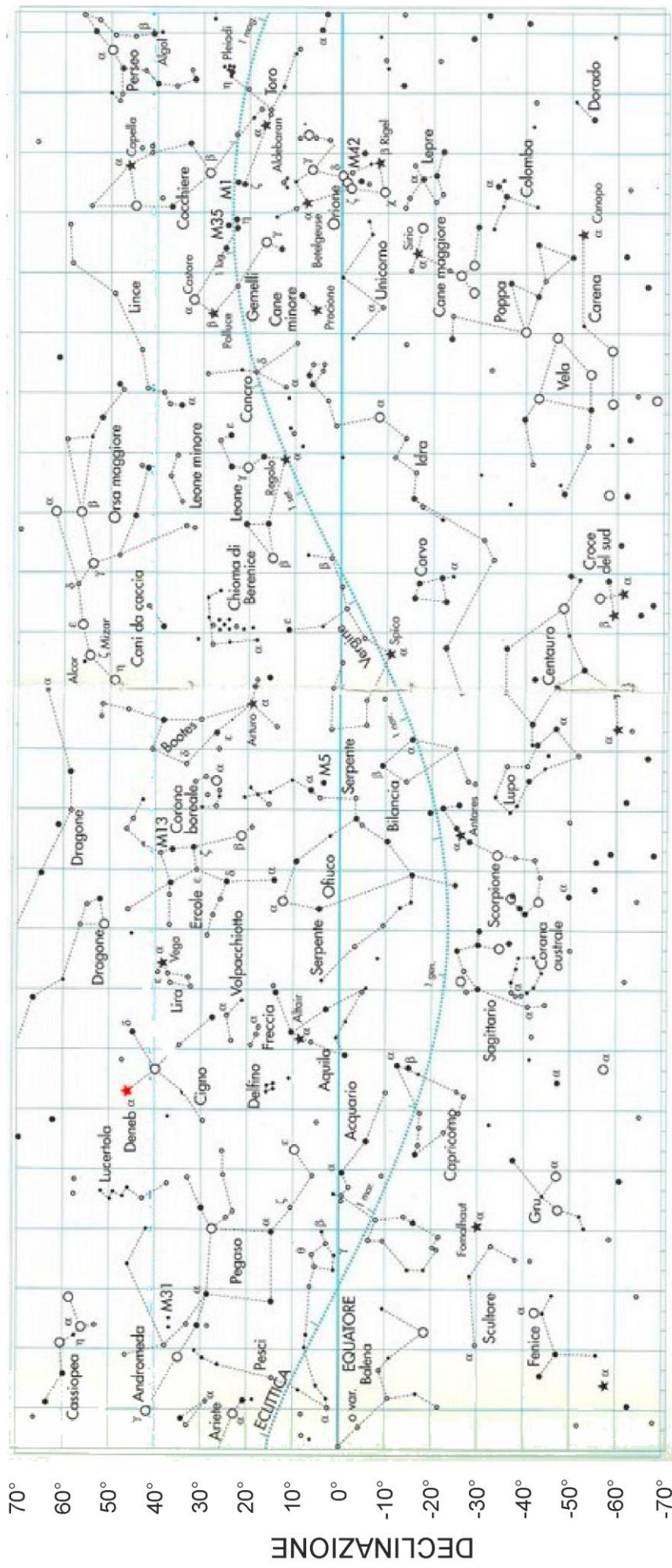
Svolgiamo il calcolo per Madison:

$$\theta_{\text{Madison}} = \theta_{\text{Greenwich}} - \frac{24 \text{ h} \cdot 89^\circ.37}{360^\circ} \approx 2\text{h} - 5\text{h } 57\text{m} = 20\text{h } 3\text{m}$$

Quindi quando a Greenwich passa al meridiano  $\gamma$  Andromedae la costellazione equatoriale che passa al meridiano in direzione sud a Madison è l'Aquila.

Procedendo similmente ai due casi precedenti completiamo la tabella:

Città	Longitudine geografica	Tempo siderale	Costellazione
Abu Dhabi	54° 22' E	5h 37m	Orione
Madison	89° 22' O	20h 3m	Aquila
Pechino	116° 25' E	9h 45m	Idra
Göteborg	11° 58' E	2h 47m	Balena
Papeete	139° 34' O	16h 41m	Ofiuco
Montevideo	56° 11' O	22h 15m	Acquario
Honolulu	157° 52' O	15h 28m	Serpente



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

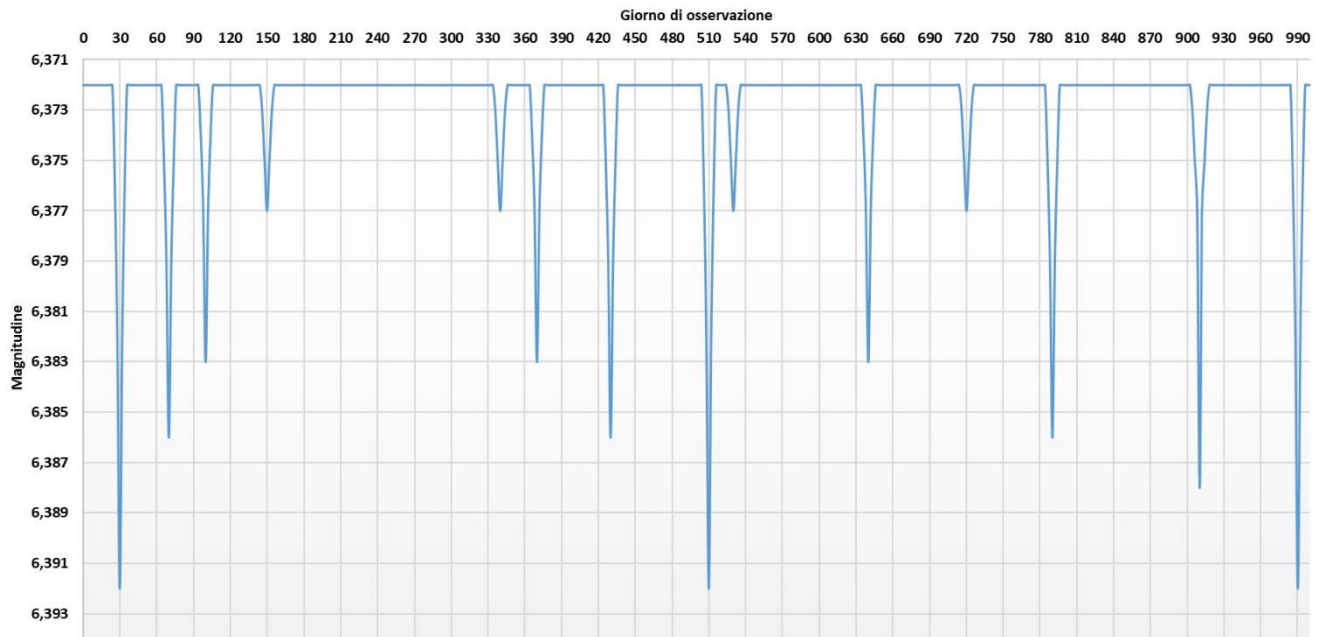
ASCENSIONE RETTA

DECLINAZIONE

70° 60° 50° 40° 30° 20° 10° 0° -10° -20° -30° -40° -50° -60° -70°

## 2. Un nuovo sistema planetario

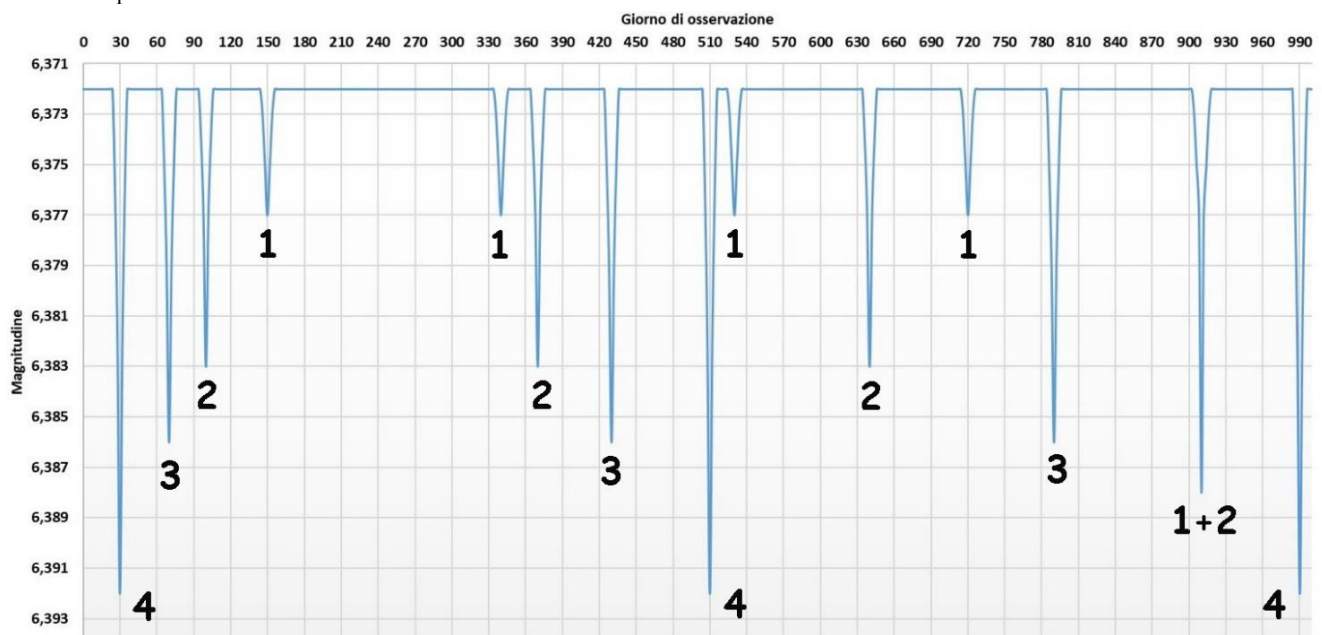
Recentemente è stata ottenuta la curva di luce di una stella con caratteristiche fisiche simili al nostro Sole. Nel grafico della curva di luce ci sono il giorno di osservazione sull'asse delle ascisse e la magnitudine apparente sull'asse delle ordinate. Le variazioni della curva di luce sembrano essere dovute al transito di uno o più pianeti che hanno un'orbita circolare e nessuna inclinazione rispetto alla linea di vista. Dalla curva di luce sono state rimosse le fonti maggiori del rumore.



1. Indicate quanti pianeti possono aver prodotto la curva di luce osservata.
2. Calcolate il loro periodo di rivoluzione (in giorni).
3. Calcolate la loro distanza dalla stella (in UA).
4. Disegnate la disposizione dei pianeti intorno alla stella (come se si potesse vedere il sistema planetario dall'alto, con rotazione dei pianeti in senso orario) il giorno 510.
5. Stimare la magnitudine apparente della stella quando tutti i pianeti sono allineati lungo la linea di vista (tutti i pianeti disposti tra stella e osservatore).
6. Calcolate ogni quanto tempo si verifica l'allineamento dei pianeti descritto nella domanda precedente (in giorni terrestri).
7. Il 2 agosto 2021 la stella sarà occultata da Saturno, che si troverà in opposizione. Indicate in quale costellazione si trova la stella, utilizzando la mappa del cielo allegata.

### Soluzione

1. Esaminando la ricorrenza dei minimi della curva di luce (iniziando da quelli meno profondi) possiamo dedurre che i pianeti sono in totale 4.



Il minimo del giorno 910 è infatti la somma dei minimi prodotti dai pianeti 1 e 2, che in quella data transitano contemporaneamente sul disco della stella.

2. Nell'intervallo di tempo considerato il pianeta 1 transita cinque volte a circa:

$$T_{1-1} = 150 \text{ g} \quad T_{1-2} = 340 \text{ g} \quad T_{1-3} = 530 \text{ g} \quad T_{1-4} = 720 \text{ g} \quad T_{1-5} = 910 \text{ g}$$

il pianeta 2 transita quattro volte a circa:

$$T_{2-1} = 100 \text{ g} \quad T_{2-2} = 370 \text{ g} \quad T_{2-3} = 640 \text{ g} \quad T_{2-4} = 910 \text{ g}$$

il pianeta 3 transita tre volte a circa:

$$T_{3-1} = 70 \text{ g} \quad T_{3-2} = 430 \text{ g} \quad T_{3-3} = 790 \text{ g}$$

il pianeta 4 transita tre volte a circa:

$$T_{4-1} = 30 \text{ g} \quad T_{4-2} = 510 \text{ g} \quad T_{4-3} = 990 \text{ g}$$

Per i periodi orbitali  $P_1, P_2, P_3$  e  $P_4$  dei quattro pianeti otteniamo quindi:

$$P_1 \approx 190 \text{ g} \quad P_2 \approx 270 \text{ g} \quad P_3 \approx 360 \text{ g} \quad P_4 \approx 480 \text{ g}$$

3. Conoscendo il periodo di rivoluzione dei pianeti e sapendo che la stella è simile al nostro Sole, trasformando i periodi in anni terrestri, i semiasse maggiori  $a_1, a_2, a_3$  e  $a_4$  delle orbite dei quattro pianeti espressi in UA si ottengono dalla III legge di Keplero:

$$a = \sqrt[3]{P^2}$$

avremo quindi:

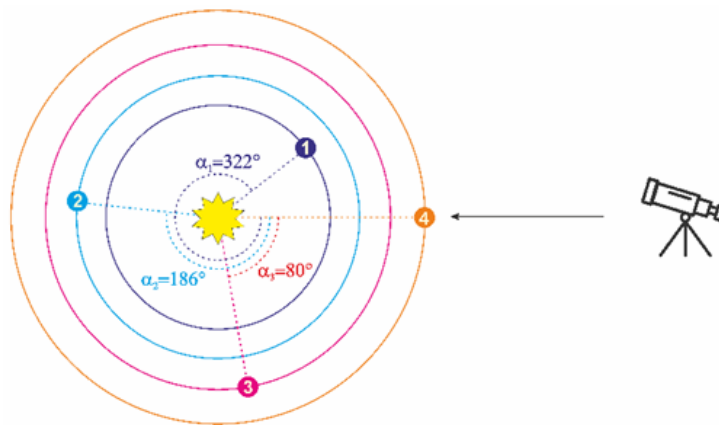
$$a_1 = \sqrt[3]{P_1^2} \approx \sqrt[3]{0.271} \approx 0.647 \text{ UA}$$

$$a_2 = \sqrt[3]{P_2^2} \approx \sqrt[3]{0.546} \approx 0.817 \text{ UA}$$

$$a_3 = \sqrt[3]{P_3^2} \approx \sqrt[3]{0.971} \approx 0.990 \text{ UA}$$

$$a_4 = \sqrt[3]{P_4^2} \approx \sqrt[3]{1.73} \approx 1.20 \text{ UA}$$

4. Il giorno 510 il pianeta 4 è in transito, quindi si trova esattamente lungo la linea di vista (vedere figura in basso). Lo avevano preceduto nel transito il pianeta 3, il pianeta 2 e prima ancora il pianeta 1.



Il transito del pianeta 1 precedente al giorno 510 è avvenuto il giorno 340, da cui  $\Delta T_1 = 170$  giorni. Nel tempo  $\Delta T_1$  il raggio vettore che congiunge il pianeta con la stella ha spazzato un angolo  $\alpha_1$ , misurato dalla linea di vista in senso orario, pari a:

$$\alpha_1 = 360^\circ \frac{\Delta T_1}{P_1} \approx 360^\circ \frac{170 \text{ g}}{190 \text{ g}} \approx 322^\circ$$

Allo stesso modo per i pianeti 2 e 3 ricaviamo  $\Delta T_2 = 140$  giorni e  $\Delta T_3 = 80$  giorni e quindi:

$$\alpha_2 = 360^\circ \frac{\Delta T_2}{P_2} \approx 360^\circ \frac{140 \text{ g}}{270 \text{ g}} \approx 187^\circ$$

$$\alpha_3 = 360^\circ \frac{\Delta T_3}{P_3} \simeq 360^\circ \frac{80 \text{ g}}{360 \text{ g}} \simeq 80^\circ$$

5. Poiché le orbite dei quattro i pianeti giacciono sullo stesso piano, il loro transito contemporaneo con tutti e quattro allineati lungo la linea di vista, causa un calo di magnitudine della stella pari a quello causato dal transito del pianeta che singolarmente provoca il calo maggiore, ovvero il pianeta 4. Infatti, in questa particolare configurazione gli altri tre pianeti si posizionano all'interno del disco del pianeta più grande e non contribuiscono ulteriormente alla diminuzione di magnitudine. Dalla curva di luce ricaviamo che la magnitudine della stella varrà  $m = 6.392$ .
6. Il tempo  $T_{ALL}$  tra due perfetti allineamenti successivi dei quattro pianeti, si ottiene considerando il minimo comune multiplo dei periodi:

$$T_1 = 2 \cdot 5 \cdot 19 \quad T_2 = 2 \cdot 3^3 \cdot 5 \quad T_3 = 2^3 \cdot 3^2 \cdot 5 \quad T_4 = 2^5 \cdot 3 \cdot 5$$

$$T_{ALL} = 2^5 \cdot 3^3 \cdot 5 \cdot 19 = 82080 \text{ giorni}$$

7. Il 2 agosto sono passati 42 giorni dal solstizio d'estate. Al Solstizio d'estate l'ascensione retta del Sole vale:

$$\mathbf{AR_{\odot} -21 \text{ giugno} = 6h}$$

Considerando un aumento uniforme dell'ascensione retta del Sole avremo:

$$\mathbf{AR_{\odot} -2 \text{ agosto} \simeq AR_{\odot} -21 \text{ giugno} + \frac{24 \text{ h} \cdot 42 \text{ g}}{365.26 \text{ g}} \simeq 6h + 2h 45m \simeq 8h 45m}$$

Poiché Saturno si trova in opposizione la sua ascensione retta vale:

$$\mathbf{AR_{Saturno} -2 \text{ agosto} \simeq AR_{\odot} -2 \text{ agosto} + 12h \simeq 20h 45m}$$

ed essendo Saturno, in quanto pianeta del Sistema Solare, sempre nei pressi dell'eclittica, dalla mappa ricaviamo che la stella si trova nella costellazione del Capricorno.