XXIV Campionati Italiani di Astronomia
Gara Interregionale - 25 febbraio 2026
Categoria Master

NOTA: alcuni esercizi possono essere svolti con procedimenti diversi rispetto a quelli indicati nelle seguenti soluzioni. In fase di valutazione sono stati considerati validi tutti i procedimenti alternativi che hanno portato al risultato finale corretto.

1. Dimmi come brilli e ti dirò chi sei

Una nota stella ha luminosità di $1.714 \cdot 10^{28}$ W e raggio di $1.683 \cdot 10^{6}$ km. Calcolate la temperatura della fotosfera e la lunghezza d'onda di picco della sua emissione spettrale.
In base a queste caratteristiche, determinate se la stella è Vega (tipo spettrale A0) o Betelgeuse (tipo spettrale M1).

Soluzione:
Dalla legge di Stefan-Boltzmann, si può ricavare la temperatura superficiale di una stella, noti il suo raggio e la sua luminosità bolometrica:

$$L = 4\pi \cdot R^2 \cdot \sigma \cdot T^4$$

da cui:

$$T = \sqrt[4]{\frac{L}{4\pi \cdot R^2 \cdot \sigma}} = \sqrt[4]{\frac{1.714 \cdot 10^{28}\ \mathrm{W}}{4\pi \cdot (1.683 \cdot 10^{9}\ \mathrm{m})^2 \cdot 5.670 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{W\ m^{-2} K^{-4}}}} \simeq 9600\ \mathrm{K}.$$

Dalla legge dello spostamento di Wien, si ricava la lunghezza d'onda del picco corrispondente alla temperatura superficiale T:

$$\lambda = \frac{b}{T} = \frac{2.898 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m\ K}}{9600\ \mathrm{K}} \simeq 3.019 \cdot 10^{-7}\mathrm{m} \simeq 3019\ \mathrm{Å}$$

La stella ha una temperatura della fotosfera maggiore di quella del Sole e quindi è Vega.

2. Una bella giornata di… gigante rossa!

Quando il Sole, fra circa 5 miliardi di anni, diventerà una gigante rossa, avrà un raggio 85 volte maggiore di quello attuale. Quante ore di luce avrà, in media, ogni giorno un osservatore posto all'equatore terrestre? Considerate come "ore di luce" quelle in cui il Sole è visibile anche solo parzialmente sopra l'orizzonte.

Soluzione:
Se l'osservatore si trova all'equatore terrestre, il Sole è visibile per 12 ore al giorno. Il diametro angolare del sole $\theta_\odot$ osservato dalla Terra, si calcola a partire dal suo raggio $R_\odot$ e dalla sua distanza media dalla Terra d_T:

$$\theta_{sole} = 2 \cdot \mathrm{arcsen}\left(\frac{R_\odot}{d_T}\right).$$

Se il Sole diventasse una gigante rossa 85 volte più grande, anche il suo diametro angolare (θ_g) aumenterebbe secondo l'espressione sopra:

$$\theta_g = 2 \cdot \mathrm{arcsen}\left(\frac{85 \cdot R_\odot}{d_T}\right) = 2 \cdot \mathrm{arcsen}\left(\frac{85 \cdot 6.955 \cdot 10^5\ \mathrm{km}}{1.496 \cdot 10^8\ \mathrm{km}}\right) = 2 \cdot \mathrm{arcsen}\,(0.3952) = 46.55° .$$

Di conseguenza la gigante rossa sarà ancora (parzialmente) visibile sopra l'orizzonte per un tempo superiore a 12h, e pari all'intervallo di tempo entro il quale il suo raggio angolare ($\theta_g/2$) inizia a sorgere e finisce di tramontare. Dobbiamo inoltre considerare la rifrazione atmosferica, che ci permette di vedere oggetti anche sotto all'orizzonte. All'orizzonte la rifrazione atmosferica r è pari a circa 35'.

La gigante rossa sarà quindi parzialmente visibile sopra l'orizzonte per un tempo:

$$t_{luce} = 12\ \text{h} + 2 \cdot \frac{\theta_g}{2} \cdot \frac{1}{v_{app}} + 2 \cdot \frac{r}{v_{app}}\ ,$$

in cui v_{app} è la velocità apparente del Sole in cielo.
Poiché il Sole percorre 360° in circa 24 ore:

$$t_{luce} = 12\ \text{h} + 2 \cdot \frac{\theta_g}{2} \cdot \frac{24\ \text{h}}{360\ °} + 2 \cdot r \cdot \frac{24\ \text{h}}{360\ °} = 12\ \text{h} + \frac{46.55°}{15\ °\backslash \text{h}} + \frac{1.2\ °}{15\ °\backslash \text{h}} = 12\ \text{h} + 3.103\ \text{h} + 0.080\ \text{h} \simeq 15.183\ \text{h}\,.$$

Nota: in fase di valutazione sono state considerate corrette anche le soluzioni in cui è stata trascurata la rifrazione atmosferica.

3. Sistema binario fuori tempo

Un sistema binario ha semiasse maggiore di 23.64 UA. Le due componenti hanno massa 1.140 $M_\odot$ e 0.921 $M_\odot$. Il sistema binario si sta avvicinando al Sole con una velocità radiale di 1523.1 km/s. Calcolate il periodo orbitale del sistema:

a) misurato da un osservatore nel centro di massa del sistema;
b) misurato da un osservatore solidale con il Sole.

Soluzione:

a) Dalla terza legge di Keplero ricaviamo il periodo orbitale del sistema (l'eventuale eccentricità delle orbite è irrilevante) misurato da un osservatore nel centro di massa:

$$T_0 = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot a^3}{G \cdot (M_1 + M_2)}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot (3.537 \cdot 10^{12}\ \text{m})^3}{6.674 \cdot 10^{-11}\ \text{m}^3\ \text{s}^{-2}\ \text{kg}^{-1} \cdot 4.099 \cdot 10^{30}\ \text{kg}}} \simeq\ 2.526 \cdot 10^9\,\text{s} =\ 80.06\ \text{anni}\,.$$

b) Il periodo orbitale corrisponde a una frequenza orbitale $\nu_0 = 1/T_0$: questa frequenza, per un osservatore solidale con il Sole, viene spostata verso una frequenza maggiore dall'effetto Doppler:

$$\frac{\nu - \nu_0}{\nu_0} = \frac{v_R}{c}$$

da cui

$$\nu = \nu_0 \left(1 + \frac{v_R}{c}\right)$$

passando ai reciproci per ottenere il periodo osservato:

$$T = \frac{T_0}{1 + \frac{v_R}{c}} = \frac{80.06\ \text{anni}}{1 + \frac{1523.1\ \text{km/s}}{2.998\ \cdot 10^5\ \text{km/s}}} \simeq \frac{80.06\ \text{anni}}{1.005} \simeq 79.66\ \text{anni}\,.$$

4. Velocità stellare

L'astronoma Ingrid Sonne (In.Sonne per gli amici) sta osservando la stella di Barnard, nella costellazione dell'Ofiuco, situata a una distanza di 5.94 anni luce dal Sole e caratterizzata da un elevatissimo moto proprio: ben

10.3”/anno. In.Sonne osserva nello spettro della Stella di Barnard la riga del calcio ionizzato a 396.690 nm. Sapendo che la lunghezza d’onda a riposo della riga del calcio ionizzato è 396.849 nm, calcolate:
a) la velocità radiale della Stella di Barnard rispetto al Sole;
b) il modulo del vettore velocità della stella di Barnard rispetto al Sole;
c) l’angolo formato dal vettore velocità della Stella di Barnard con la linea di vista.

Soluzione:
La componente radiale della velocità della stella di Barnard si ricava dal redshift:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v_R}{c}$$

da cui

$$v_R = c \cdot \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{396.69\ \text{nm} - 396.85\ \text{nm}}{396.85\ \text{nm}} \cdot 2.998\ \cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \simeq -120.9\ \frac{\text{km}}{\text{s}}.$$

Il segno “-” indica che la stella è in avvicinamento al Sole.
La componente trasversale della velocità relativa al Sole si ricava dal moto proprio μ e dalla distanza d:

$$v_T = d \cdot \tan\mu = 5.94\ \text{al} \cdot \frac{\tan\,(10.3\,'')}{\text{anno}} = 5.94\ \text{al} \cdot \frac{\tan(2.86 \cdot 10^{-3}\ {}^\circ)}{\text{anno}} \simeq 2.96 \cdot 10^{-4} \frac{\text{al}}{\text{anno}} =$$

$$= 2.805 \cdot 10^9\ \frac{\text{km}}{\text{anno}} = 88.9\ \frac{\text{km}}{\text{s}}.$$

Il modulo della velocità è

$$v = \sqrt{v_T^2 + v_R^2} = \sqrt{88.9^2 + 120.9^2}\ \frac{\text{km}}{\text{s}} \simeq 150\ \frac{\text{km}}{\text{s}},$$

mentre l’angolo formato con la linea di vista è

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{v_T}{v_R} = \tan^{-1}(-0.735) \simeq -36.3°,$$

cioè 36.3° rispetto alla direzione che punta dalla Stella di Barnard verso il Sole.

Note: (1) poiché non è specificato il verso della velocità trasversale, la soluzione è considerata corretta indipendentemente dal segno “+” o “–”; (2) in sede di gara è stato comunicato a tutti i partecipanti di trascurare la velocità orbitale della Terra attorno al Sole.

5. Luna ballerina

Nella notte del 6 gennaio 2023, nella città di Longyearbyen nelle isole Svalbard ($\varphi_1 = +78°\ 13'$), l’infreddolito Corty ha osservato una meravigliosa Luna piena alla sua culminazione superiore a un’altezza di 38° 28’ sull’orizzonte. Nello stesso momento Karel, da un osservatorio in Sudafrica, alla stessa longitudine ma latitudine $\varphi_2 = -33°\ 55'$, misura l’altezza della Luna sull’orizzonte in direzione nord, trovando un valore di 27° 49’. Tuttavia, confrontando i loro risultati, ognuno dei due pensa che l’altro abbia commesso qualche errore.
a) Spiegate perché le due misure sono in contrasto fra loro.
b) Spiegate quantitativamente l’origine della differenza tra le due misure.
Trascurate la rifrazione atmosferica, considerate la Terra perfettamente sferica e l’orbita della Luna circolare.

Soluzione:
a) Le due misure sono in contrasto perché, calcolando la declinazione apparente della Luna, si ottengono due risultati diversi. Per Corty

$$h_1 = 90° - \varphi_1 + \delta_1$$

in quanto la culminazione avviene a sud. Perciò $\delta_1 = h_1 + \varphi_1 - 90° = 38° 28° + 78° 13' - 90° = 26° 41'$.
Invece per Karel, poiché la culminazione avviene a nord,

$$h_2 = 90° + \varphi_2 - \delta_2 ,$$

da cui si ricava $\delta_2 = 90° + \varphi_2 - h_2 = 90° - 33° 55' - 27° 49' = 28° 16'$.
C'è quindi una differenza $\delta_2 - \delta_1 = 1.58°$.

b) La differenza è dovuta a un effetto di parallasse. Longyearbyen e Città del Capo sono separati da una distanza, in linea retta, che si calcola usando il teorema della corda (le due città sono alla stessa longitudine):

$$\Delta h = 2 \cdot R_T \cdot \sin\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} \simeq 2 \cdot 6378 \text{ km} \cdot \sin 56.07° \simeq 1.058 \cdot 10^4 \text{ km} .$$

Questo spostamento si traduce in una parallasse, vista dalla distanza della Luna, pari a

$$\Delta\delta = \arctan\left(\frac{\Delta h}{D_L}\right) \simeq \arctan\left(\frac{1.058 \cdot 10^4 \text{ km}}{384.4 \cdot 10^3 \text{ km}}\right) \simeq 1.577° .$$

che corrisponde alla differenza nella declinazione apparente misurata.