XXIV Campionati Italiani di Astronomia

Finale Nazionale - 28 aprile 2026

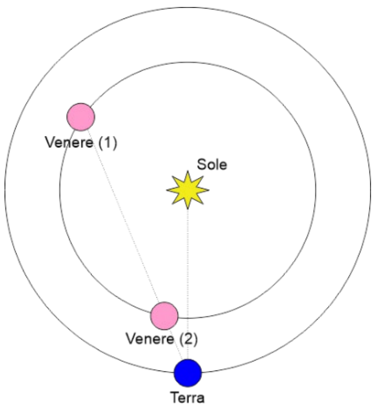
Prova Teorica - Categoria Senior

1. Venere al tramonto

Il 21 novembre 2021 il pianeta Venere è tramontato due ore dopo il Sole. Rispondete alle seguenti domande, motivando le risposte e realizzando un disegno.

a) In quale costellazione si trovava Venere?
b) Venere si stava avvicinando alla Terra oppure si stava allontanando dalla Terra?
c) Verso quale configurazione (congiunzione superiore, congiunzione inferiore, opposizione) si stava muovendo Venere?

Soluzione:



a) Il 21 dicembre, un mese dopo la data di osservazione, il Sole raggiunge il punto più basso dell'eclittica, nella costellazione del Sagittario. Perciò, alla data di osservazione il Sole si trova nella costellazione precedente lungo l'eclittica, ovvero nello Scorpione. Poiché Venere è tramontato due ore dopo il Sole, esso si trovava più a est di circa 2 h/ 24 h = 1/12 dell'eclittica. Quindi, Venere si trovava nel Sagittario.
b) I pianeti, compreso Venere, orbitano in senso antiorario osservati dal polo nord celeste. Venere si trovava più a est del Sole e completa un'orbita intorno al Sole in un tempo minore di quanto non faccia la Terra, perciò in quel momento Terra e Venere si stavano avvicinando.
c) Essendo in avvicinamento, Venere stava andando verso la congiunzione inferiore.

2. Un Universo molto caldo

Nel 1965 Arno Penzias e Robert Wilson scoprirono la radiazione cosmica di fondo (CMB). Lo spettro della CMB corrisponde attualmente all'emissione di un corpo nero con temperatura di 2.725 K.
Sapendo che la CMB è stata emessa a un redshift cosmologico 1100:

a) stimate la temperatura della CMB al momento della sua emissione;
b) calcolate l'energia dei fotoni al momento dell'emissione della CMB.

Soluzione:

a) Utilizzando la legge di Wien:

$$\lambda = \frac{b}{T}$$

otteniamo la lunghezza d'onda **λ** del picco di uno spettro di corpo nero a temperatura **T**.
Utilizzando la definizione di redshift **z** cosmologico:

$$z = \frac{\lambda_{osservata} - \lambda_{emessa}}{\lambda_{emessa}}$$

otteniamo

$$\lambda_{emessa} = \frac{\lambda_{osservata}}{1 + z}.$$

Dette $\mathbf{T_{emessa}}$ e $\mathbf{T_{osservata}}$ la temperatura della CMB rispettivamente al momento dell'emissione e attuale, sostituendo la legge di Wien nelle lunghezze d'onda sia emessa che osservata si ottiene:

$$\frac{b}{T_{emessa}} = \frac{1}{1 + z} \cdot \frac{b}{T_{osservata}}$$

$$T_{emessa} = (1 + z) \cdot T_{osservata} = (1 + 1100) \cdot 2.725\ K = 3000\ K\,.$$

b) L'energia dei fotoni si ottiene dalla legge di Planck:

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = h \cdot \frac{c \cdot T_{emessa}}{b} = 6.626 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s \cdot \frac{2.998 \cdot 10^{8}\ m \cdot s^{-1} \cdot 3000\ K}{2.898 \cdot 10^{-3}\ m \cdot K} = 2.056 \cdot 10^{-19}\ J\,.$$

3. Un'eclissi senza fine

Un alieno si reca in vacanza sulla Terra, incontra un astronomo e gli racconta che, nel corso dei suoi viaggi, ha visitato una famosa città sul pianeta Cobold-1f. In questa città è sempre buio perché attorno a Cobold-1f orbita una luna che, da quando si ha memoria, ha sempre coperto esattamente la sua stella, in condizione di perpetua eclissi totale. L'astronomo terrestre, contrariato, risponde che una cosa del genere non è proprio possibile! Chi dei due ha ragione, e perché?

Soluzione:

Le condizioni che permettono il verificarsi della situazione descritta dall'alieno sono:
a) l'orbita di Cobold-1f e della sua luna sono sullo stesso piano;
b) Cobold-1f è in rotazione sincrona con la stella;
c) Cobold-1f è in rotazione sincrona con la sua luna;
d) le orbite della luna e di Cobold-1f sono circolari.

La seconda e la terza condizione implicano che la luna si mantenga sempre sulla linea che congiunge la stella al pianeta, perciò il periodo orbitale $\mathbf{P_L}$ della luna deve essere pari al periodo $\mathbf{P_P}$ di rivoluzione del pianeta intorno alla stella:

$$P_L = P_p$$

Detti $\mathbf{a_L}$ il semiasse maggiore dell'orbita della luna, $\mathbf{a_P}$ il semiasse maggiore dell'orbita del pianeta, $\mathbf{M_P}$ la massa del pianeta e $\mathbf{M_S}$ la massa della stella, dalla terza legge di Keplero:

$$2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{a_L^3}{G \cdot M_P}} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{a_P^3}{G \cdot M_S}}$$

$$a_L = a_P \cdot \sqrt[3]{\frac{M_P}{M_S}}\,.$$

Tuttavia, ricordando che il raggio della sfera di Hill del pianeta, ovvero la massima distanza a cui una luna può orbitare per rimanere stabilmente legata all'attrazione gravitazionale del pianeta, è pari a:

$$r_{hill} \simeq a_P \cdot \sqrt[3]{\frac{M_p}{3 \cdot M_S}}\,,$$

risulta che è impossibile per una luna avere lo stesso periodo orbitale del pianeta intorno a cui ruota, poiché questo comporterebbe un semiasse maggiore più grande del raggio di Hill:

$$a_L \simeq \sqrt[3]{3} \cdot r_{hill} \simeq 1.44 \cdot r_{hill}\,.$$

Di conseguenza, l'astronomo terrestre ha ragione.

Note: 1. Una possibile soluzione alternativa potrebbe essere che la luna sia posizionata nel punto lagrangiano L1 dell'orbita del pianeta. Esso però **non è stabile**. Inoltre, un oggetto ivi posizionato non sarebbe definibile satellite del pianeta, trovandosi esattamente ai confini della sfera di Hill. 2. Nel testo è specificato che il fenomeno dell'eclissi è osservato da una singola città. Se così non fosse, una possibile risposta al problema sarebbe che è impossibile per un satellite eclissare tutti i punti della superficie di un pianeta.

4. Una cometa interstellare!

La cometa 3I/ATLAS è il terzo oggetto della storia a essere osservato come proveniente dall'esterno del Sistema Solare. Infatti, la sua traiettoria è un'iperbole con eccentricità 6.13. Il 29 ottobre 2025, quando 3I/ATLAS ha raggiunto il perielio a una distanza dal Sole di 1.356 UA, la sua velocità era di 68.3 km/s. Il 25 febbraio 2026 la sua distanza dal Sole era di $6.69 \cdot 10^8$ km. Quale era il modulo della sua velocità?

Soluzione:

La distanza al perielio è fornita dalla formula che lega il semiasse maggiore **a** con l'eccentricità **e**:

$$d_P = a \cdot (1 - e) \ ,$$

da cui si risale al suo semiasse maggiore:

$$a = \frac{d_P}{1-e} = \frac{1.356 \text{ UA}}{1 - 6.13} = -\ 0.264 \text{ UA} = -\ 0.395 \cdot 10^{11} \text{ m} \ ,$$

che risulta negativo, come in tutte le traiettorie iperboliche.

La velocità al 25 febbraio 2026 è fornita dalla formula:

$$v = \sqrt{G \cdot M_\odot \cdot \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)} = \sqrt{6.67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 \cdot kg} \cdot 1.99 \cdot 10^{30} \text{ kg} \cdot \left(\frac{2}{6.69 \cdot 10^{11} \text{ m}} + \frac{1}{0.395 \cdot 10^{11} \text{ m}}\right)} =$$

$$= \sqrt{1.33 \cdot 10^{20} \ \frac{m^3}{s^2} \cdot \left(\frac{2}{6.69} + \frac{1}{0.395}\right) \cdot 10^{-11} \text{ m}^{-1}} = \sqrt{3.76 \cdot 10^9 \frac{m^2}{s^2}} = 6.13 \cdot 10^4 \frac{m}{s} = 61.3 \frac{km}{s} .$$

Una soluzione alternativa consiste nell'applicazione diretta della conservazione dell'energia totale:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \frac{G \cdot M_\odot \cdot m}{d} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_P^2 - \frac{G \cdot M_\odot \cdot m}{d_P} .$$

Convertendo d_p in metri (1.356 UA = $2.029 \cdot 10^{11}$ m) e risolvendo per v, si ottiene:

$$v = \sqrt{v_P^2 + 2 \cdot G \cdot M_\odot \cdot \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d_P}\right)} = \sqrt{\left(6.83 \cdot 10^4 \frac{m}{s}\right)^2 + 2.65 \cdot 10^{20} \ \frac{m^3}{s^2} \cdot \left(\frac{1}{6.69 \cdot 10^{11} \text{ m}} - \frac{1}{2.03 \cdot 10^{11} \text{ m}}\right)} =$$

$$= \sqrt{4.66 \cdot 10^9 \ \frac{m^2}{s^2} + 2.65 \cdot 10^9 \frac{m^2}{s^2} \cdot \left(\frac{1}{6.69} - \frac{1}{2.03}\right)} = \sqrt{3.75 \cdot 10^9 \frac{m^2}{s^2}} = 61.3 \ \frac{km}{s} .$$

5. Scorpione contro Cigno

Il 28 aprile 2026 la cigna Teodolinda si trova presso l'Osservatorio del Paranal (φ = 24° 38' S, λ = 70° 24' W) per effettuare alcune osservazioni e nota che in quel momento sta sorgendo Antares (α = 16h 31m). Sapendo che il suo angolo orario in quell'istante è 17h 07m, calcolate:

a) l'altezza massima sull'orizzonte a cui può arrivare Antares, vista dal Paranal;

b) il tempo solare medio locale dell'osservazione.

Trascurate gli effetti dovuti alla depressione dell'orizzonte e alla rifrazione atmosferica.

Soluzione:

a) Dette **φ** la latitudine del Paranal e **δ** la declinazione di Antares, l'altezza massima $\mathbf{h_{max}}$ sull'orizzonte è data da: $h_{max} = 90° - |\varphi - \delta|$. La traccia però non fornisce la declinazione, che va dunque calcolata utilizzando la formula di Gauss, che mette in relazione la declinazione **δ**, l'altezza sull'orizzonte **h** e l'angolo orario **H** di un oggetto celeste per un osservatore posto a latitudine **φ**:

$$\sin(h) = \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(H) \ ,$$

sapendo che una stella, quando sorge, ha altezza sull'orizzonte **h** pari a zero:

$$\sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(H) = 0\,,$$

$$\cos(H) = -\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta)$$

da cui:

$$\delta = \arctan\left(\frac{-\cos(H)}{\tan(\varphi)}\right) = \arctan\left(\frac{-\cos(256.8°)}{\tan(-24.63°)}\right) = \arctan(-0.4984) = -26°\,29'\,.$$

Poiché Antares culmina a sud dello zenit ($\varphi > \delta$), la sua altezza massima sull'orizzonte è:

$$h = 90° - \varphi + \delta = 90° + 24°\,38' - 26°\,29' = 88°\,9'\,.$$

b) Il tempo siderale al Paranal $\mathbf{TS_P}$ al momento dell'osservazione è:

$$TS_P = H + \alpha = 17h\ 07m + 16h\ 31m = 9h\ 38\ m\,.$$

Considerando che al solstizio di primavera (21 marzo) il tempo siderale e il tempo solare medio $\mathbf{T_P}$ sono sfasati di circa 12 h, il 28 aprile, ovvero 38 giorni più tardi, il tempo solare medio è rimasto indietro sul tempo siderale di:

$$TS_P - T_P \simeq 12h + 38 \cdot 3m\ 56s \simeq 12h + 2h\ 29m\ 28s \simeq 14h\ 29m\,.$$

Il che significa che al momento dell'osservazione, il tempo solare medio al Paranal è:

$$T_P \simeq TS_P - 14h\ 29m \simeq 9h\ 38m - 14h\ 29m \simeq 19h\ 09m\,.$$

Nota: il tempo solare medio ottenuto corrisponderebbe alle 19:51 ora civile, tenendo conto che il Paranal è a UTC -4 e quindi si trova 10° 24' più a ovest del meridiano centrale del fuso, differenza che corrisponde a circa 42 minuti.