CAMPIONATI ITALIANI DI ASTRONOMIA 2023

Gara interregionale – 14 febbraio

Categoria Junior 1

1. Completate la seguente descrizione del Sistema Solare

Il Sistema Solare è costituito dal ……...……, che da solo possiede oltre il 99 % della massa di tutto il sistema, da …………. pianeti, cinque pianeti nani, dai rispettivi satelliti e da molti corpi minori. Quest'ultima categoria comprende gli ……...…………, in gran parte distribuiti in due regioni (la fascia principale e la fascia di Kuiper) e le …..….………..… (prevalentemente situate nell'ipotetica nube di Oort). In ordine di distanza crescente dal Sole, i pianeti sono: ………………………….………… ………………………………………………………..….

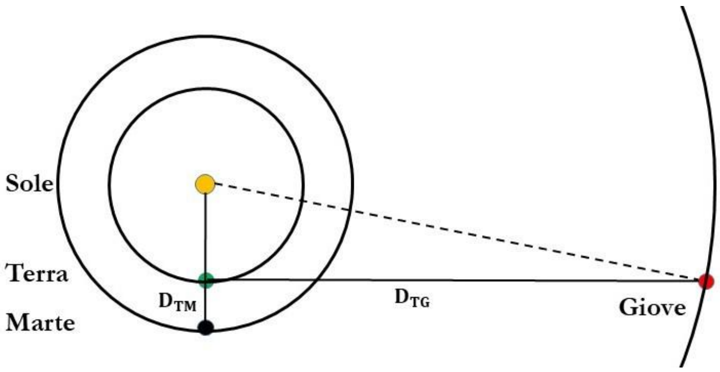
Soluzione.

Il sistema solare è costituito dal …**SOLE** …, che da solo possiede oltre il 99 % della massa di tutto il sistema, da …**OTTO**… pianeti e cinque pianeti nani, dai rispettivi satelliti e da moltissimi corpi minori. Quest'ultima categoria comprende gli ..**ASTEROIDI**., in gran parte distribuiti in due regioni (la fascia principale e la fascia di Kuiper) e le ..**COMETE** …. (prevalentemente situate nell'ipotetica nube di Oort). In ordine di distanza crescente dal Sole, i pianeti sono: **Mercurio, Venere, Terra, Marte, Giove, Saturno, Urano e Nettuno**.

2. Il Sole spento

State osservando Marte, che si trova in opposizione, e Giove, che si trova in quadratura. Improvvisamente il Sole si spegne. Realizzate un disegno della configurazione planetaria descritta e calcolate dopo quanto tempo dallo spegnimento del Sole vedrete dalla Terra spegnersi Marte e Giove. Assumete le orbite circolari e tutte sullo stesso piano e trascurate lo spostamento dei pianeti.

Soluzione.



La luce che proviene dai pianeti è luce del Sole riflessa, che viaggia alla velocità **c** e che per arrivare a noi deve compiere il tragitto Sole-Pianeta-Terra.
Indichiamo con $\mathbf{D_{\odot T}}$ la distanza Sole-Terra, con $\mathbf{D_{\odot M}}$ la distanza Sole-Marte e con $\mathbf{D_{\odot G}}$ la distanza Sole-Giove. Indichiamo inoltre con $\mathbf{D_{TM}}$ la distanza Terra-Marte e con $\mathbf{D_{TG}}$ la distanza Terra-Giove.

Nell'ipotesi di orbite circolari, quando Marte è in opposizione la distanza Terra-Marte vale:

$$D_{TM} = D_{\odot M} - D_{\odot T} \simeq 227.9 \cdot 10^6\ km - 149.6 \cdot 10^6\ km \simeq 78.3 \cdot 10^6\ km$$

Quindi la distanza totale Sole-Marte-Terra $\mathbf{D_{\odot MT}}$ che la luce deve compiere vale:

$$D_{\odot MT} = D_{\odot M} + D_{TM} \simeq 227.9 \cdot 10^6\ km + 78.3 \cdot 10^6\ km \simeq 306.2 \cdot 10^6\ km$$

Per percorrere detta distanza la luce impiega un tempo $\mathbf{T_1}$ pari a:

$$T_1 = \frac{D_{\odot MT}}{c} \simeq \frac{306.2 \cdot 10^6\ km}{299792\ \frac{km}{s}} \simeq 1021\ s \simeq 17m\ 01s$$

Nell'ipotesi di orbite circolari, quando Giove è in quadratura l'angolo Sole-Terra-Giove è di 90° e la distanza Terra-Giove vale:

$$D_{TG} = \sqrt{{D_{\odot G}}^2 - {D_{\odot T}}^2} \simeq \sqrt{(778.4 \cdot 10^6\ km)^2 - (149.6 \cdot 10^6\ km)^2} \simeq 763.9 \cdot 10^6\ km$$

Quindi la distanza totale Sole-Giove-Terra $\mathbf{D_{\odot GT}}$ che la luce deve compiere vale:

$$D_{\odot GT} = D_{\odot G} + D_{TG} \simeq 778.4 \cdot 10^6\ km + 763.9 \cdot 10^6\ km \simeq 1542 \cdot 10^6\ km$$

Per percorrere detta distanza la luce impiega un tempo $\mathbf{T_2}$ pari a:

$$T_2 = \frac{D_{\odot GT}}{c} \simeq \frac{1542 \cdot 10^6\ km}{299792\ \frac{km}{s}} \simeq 5144\ s \simeq 1h\ 25m\ 44s$$

Quindi se il Sole si spegnesse vedremmo spegnersi Marte dopo circa 17 minuti e Giove dopo 1h 25m 44s.

3. Dov'è la mia ombra?

Usualmente nelle nostre foto viene ripresa anche la nostra ombra; però in alcune situazioni è possibile fotografarsi senza la presenza dell'ombra! Per fare una foto senza ombra dove si deve trovare il Sole? Indicate quattro situazioni (luogo e data) in cui ciò è possibile. Giustificate la vostra risposta con gli opportuni calcoli.

Soluzione.

Per fare una foto senza la nostra ombra è necessario che il Sole sia allo Zenith, ovvero che la sua altezza sull'orizzonte sia pari a 90°.

Dette $\mathbf{h_{max\odot}}$ l'altezza massima del Sole in una località a latitudine $\boldsymbol{\varphi}$ e $\boldsymbol{\delta_\odot}$ la declinazione del Sole, vale la relazione:

$$h_{max\odot} = 90° - \varphi + \delta_\odot$$

da cui si ricava che:

$$h_{max\odot} = 90° \qquad \text{quando} \qquad \varphi = \delta_\odot$$

Ovviamente l'altezza massima del Sole si ha al mezzogiorno locale.

Nel corso di un anno la declinazione del Sole è compresa nell'intervallo:

$$-23°\,26' \le \delta_\odot \le 23°\,26'$$

Quindi per scattare una foto senza ombra occorre trovarsi in una località all'interno della fascia di latitudine compresa tra il Tropico del Capricorno ($\varphi = -23°\,26'$) e il Tropico del Cancro ($\varphi = 23°\,26'$).

Poiché sappiamo anche che: $\delta_\odot = -23°\,26'$ al solstizio d'inverno, $\delta_\odot = 0°$ agli equinozi e $\delta_\odot = 23°\,26'$ al solstizio d'estate, potremo scattare una foto senza ombra se, al mezzogiorno locale, ci troviamo:

1. al Tropico del Capricorno il 21 dicembre;
2. all'equatore il 21 marzo;
3. al tropico del Cancro il 21 giugno;
4. all'equatore il 22 settembre.

4. La Terra spostata

Supponete di raddoppiare il semiasse maggiore dell'orbita della Terra. Quanto durerebbe il periodo di rivoluzione della Terra attorno al Sole? Esprimete il risultato in giorni.

Soluzione:

Per un corpo in orbita attorno al Sole, esprimendo il semiasse maggiore dell'orbita **a** in UA e il periodo di rivoluzione **T** in anni, la III legge di Keplero assume la forma:

$$a^3 = T^2$$

Se il semiasse dell'orbita della Terra raddoppia il suo valore sarà di 2 UA e per il periodo di rivoluzione otterremo:

$$T = \sqrt{a^3} = \sqrt{8} \simeq 2.82842\ anni \simeq 1033.10\ giorni$$

5. Il contatto con gli alieni

Negli ultimi anni sono stati scoperti numerosi pianeti extrasolari che hanno caratteristiche di abitabilità simili alla Terra. Vari progetti studiano la possibilità di ascoltare o di inviare segnali per rivelare la presenza di civiltà aliene avanzate. Uno di questi progetti, la cui durata è di 50 anni, invia oggi un segnale radio in tutte le direzioni.

1. Calcolate la distanza massima (in parsec) di un pianeta da cui è possibile ricevere una risposta prima della conclusione del progetto.
2. Considerate una sfera di raggio pari a tale distanza massima. Sapendo che nella regione sferica entro 100 parsec dal Sole (detta Bolla Locale) ci sono circa $5.0 \cdot 10^4$ stelle distribuite uniformemente e ipotizzando la presenza di un pianeta abitato ogni 10 stelle, calcolate da quante ipotetiche civiltà potremmo ricevere una risposta prima della conclusione del progetto.

Soluzione:

1. Per ricevere una risposta entro la durata massima del progetto, che è di 50 anni, il pianeta extrasolare deve trovarsi a una distanza massima D_M di 25 anni luce. Infatti, se la sua distanza fosse maggiore, il segnale emesso dalla Terra impiegherebbe più di 25 anni per raggiungere il pianeta e, anche supponendo una risposta

immediata, questa impiegherebbe più di 25 anni per arrivare sulla Terra. In totale la risposta arriverebbe più di 50 anni dopo l'emissione del segnale dalla Terra, cioè dopo la conclusione del progetto.
In parsec detta distanza vale:

$$D_M = 25\ anni\ luce\ \simeq\ 25\ anni\ luce\ \cdot 0.30660\ \frac{parsec}{anni\ luce}\ \simeq 7.7\ parsec$$

2. Se indichiamo con $\mathbf{R_B}$ il raggio della Bolla Locale, pari a 100 parsec, il volume $\mathbf{V_B}$ della Bolla è di:

$$\mathrm{V_B} = \frac{4}{3}\,\pi\, {R_B}^3$$

Il volume $\mathbf{V_M}$ della sfera con raggio pari a $\mathbf{D_M}$ vale:

$$\mathrm{V_M} = \frac{4}{3}\,\pi\, {D_M}^3$$

Poiché all'interno della Bolla Locale le stelle sono distribuite in modo uniforme, detto **N** il numero totale di stelle nella Bolla e **n** il numero di stelle entro 7.7 parsec dalla Terra, ovvero dal Sole, vale la proporzione:

$$\mathrm{V_B} : \mathrm{N} = \mathrm{V_M} : \mathrm{n}$$

da cui si ricava:

$$n = \frac{\mathrm{V_M}}{\mathrm{V_B}} \cdot N = \frac{{D_M}^3}{{R_B}^3} \cdot N\ \simeq\ \frac{4.6\ \cdot\ 10^2\ pc^3}{100 \cdot\ 10^4\ pc^3} \cdot 5.0 \cdot\ 10^4\ stelle\ \simeq 23\ stelle$$

Ma poiché solo una stella su 10 ha un pianeta abitato, il numero di ipotetiche civiltà $\mathbf{n_C}$ dalle quali potremmo ricevere una risposta al nostro segnale prima della conclusione del progetto è:

$$\mathrm{n_C} = \frac{n}{10} \simeq 2$$

Il numero deve essere arrotondato all'intero più prossimo, in quanto non può esistere la "frazione di pianeta".