OLIMPIADI ITALIANE DI ASTRONOMIA 2019

Gara Interregionale – 15 febbraio

Categoria Senior

1. Un satellite elio-stazionario

Il periodo di rotazione siderale equatoriale del Sole è T = 25.38 giorni. Volete mettere in orbita un satellite intorno al Sole, in modo che risulti "elio-stazionario" (ovvero immobile nel cielo) se osservato dall'equatore del Sole.

1. A che distanza dal centro del Sole dovrete collocare il satellite?
2. Perché questo satellite non sarà elio-stazionario se osservato da punti che non si trovano sull'equatore del Sole?

Soluzione.

1. Per essere elio-stazionario il satellite dovrà ruotare intorno al Sole con un periodo esattamente uguale al periodo di rotazione siderale del Sole. Possiamo ricavare la distanza del satellite dal centro del Sole dalla III legge di Keplero: $a = \sqrt[3]{T^2}$, con a espresso in UA e T in anni. Poiché il periodo di rotazione siderale equatoriale del Sole vale: T $\cong 6.948 \cdot 10^{-2}$ anni, avremo:
$$a = \sqrt[3]{(6.948 \cdot 10^{-2})^2} \cong 0.1690 \text{ UA} \cong 25.28 \cdot 10^6 \text{ km}$$
2. La rotazione del Sole è "differenziale", con il periodo di rotazione che aumenta man mano che ci si sposta verso i poli. Quindi solo un osservatore posto sull'equatore può osservare il satellite immobile nel cielo.

2. Un sistema di stelle di neutroni

PSR B1913+16 è un sistema binario composto da due stelle di neutroni identiche perfettamente sferiche ciascuna con densità media $\rho = 1.965 \cdot 10^{11} \frac{kg}{cm^3}$ e massa $M = 2.831 \cdot 10^{30}$ kg. Le due stelle ruotano su un'orbita circolare con un periodo P = 7.7542 ore, che attualmente diminuisce di 55 secondi ogni anno.
Calcolate:

1. il raggio, in km, delle due stelle di neutroni;
2. il valore attuale del semiasse maggiore dell'orbita;
3. la velocità con cui attualmente le due stelle si muovono sull'orbita;
4. di quanto diminuisce dopo un anno il semiasse maggiore dell'orbita.

Soluzione.

1. Poiché il volume di una sfera è dato dalla relazione:
$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{M}{\rho},$$
ricaviamo per il raggio delle due stelle:
$$R = \sqrt[3]{\frac{3M}{4\pi\rho}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 2.831 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{4 \cdot \pi \cdot 1.965 \cdot 10^{11} \text{kg/cm}^3}} = 1.509 \cdot 10^6 \text{ cm} = 15.09 \text{ km}$$
2. Il periodo di rivoluzione del sistema vale attualmente P = 7.7542 ore = 27915 s. Possiamo ricavare il valore del semiasse maggiore dell'orbita (che è uguale alla distanza tra le due stelle poiché l'orbita è circolare) dalla III legge di Keplero:
$$a = \sqrt[3]{\frac{G \cdot 2M \cdot P^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6.674 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2} \cdot 5.662 \cdot 10^{30} \text{ kg} \cdot 7.7925 \cdot 10^8 \text{ s}^2}{39.478}} \cong 1.954 \cdot 10^9 \text{ m} = 1.954 \cdot 10^6 \text{ km}$$
3. La lunghezza dell'orbita per ciascuna stella è:
$C = \pi a \cong 6.139 \cdot 10^6$ km, per cui la velocità lungo l'orbita vale:
$$V = \frac{C}{P} = \frac{6.139 \cdot 10^6 \text{ km}}{27915 \text{ s}} \cong 219.9 \frac{km}{s}$$

Si può pervenire allo stesso risultato calcolando la prima velocità cosmica di una delle due stelle dall'eguaglianza tra la forza di gravità: $F_g = G\ \frac{M \cdot M}{a^2}$ e la forza centrifuga: $F_c = \frac{V^2}{\frac{a}{2}}\ M$, avremo quindi:

$$V = \sqrt{\frac{G\ M}{2\ a}} = \sqrt{\frac{6.674\ \cdot\ 10^{-11}\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg \cdot s^2}} \cdot\ 2.831\ \cdot\ 10^{30}\ \mathrm{kg}}{2\ \cdot\ 1.954\ \cdot\ 10^9\ \mathrm{m}}} \cong 219.9\ \frac{km}{s}$$

4. Dopo un anno il periodo di rivoluzione varrà $\mathrm{P_1 = P - 55 = 27860\ s}$ e la lunghezza del semiasse maggiore dell'orbita (a_1) sarà:

$$\mathrm{a_1} = \sqrt[3]{\frac{\mathrm{G\ \cdot 2\ M\ \cdot\ P_1}^2}{4\ \pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6.674\ \cdot\ 10^{-11} \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg \cdot s^2}} \cdot 5.662\ \cdot\ 10^{30}\ \mathrm{kg} \cdot 7.7618\ \cdot\ 10^8\ \mathrm{s}^2}{39.478}} \cong 1.951\ \cdot\ 10^9\ \mathrm{m} = 1.951 \cdot\ 10^6\ \mathrm{km}$$

Quindi dopo un anno il semiasse maggiore sarà diminuito di circa $\Delta \mathrm{a = a - a_1} = 3000$ km.

Nota: normalmente il termine "semiasse maggiore dell'orbita" viene utilizzato riferendosi a situazioni in cui un corpo di piccola massa ruota intorno a uno di massa molto maggiore, che viene considerato a tutti gli effetti fermo. Nel caso in esame invece la massa delle due stelle è uguale e quindi entrambe si muovono su una circonferenza il cui diametro è pari alla loro distanza. Per calcolare il periodo di rivoluzione il valore di "a" da inserire nella III legge di Keplero è proprio la loro distanza. Si è mantenuta la dicitura "semiasse maggiore dell'orbita", ma ovviamente sono state valutate come corrette le soluzioni in cui si fa riferimento alla distanza delle due stelle e alla diminuzione di distanza delle due stelle.

3. Betelgeuse luminosa come la Luna piena

La stella Betelgeuse (α Ori) si trova a circa 152 parsec di distanza dal Sole, ha una magnitudine apparente media m = 0.42 e temperatura superficiale di 3500 K. A che distanza si dovrebbe trovare Betelgeuse per apparire luminosa come la Luna piena (m = -12.74), senza considerare l'eventuale presenza di polveri interstellari o altri assorbimenti? A tale distanza quanto varrebbe il diametro apparente di Betelgeuse? Sarebbe possibile osservare Betelgeuse come un oggetto esteso dalla Terra assumendo un seeing medio di 1"? Se sì, che diametro minimo dovrebbe avere un telescopio, supponendo di osservare visualmente, ovvero a λ = 5500 Å, per mostrare Betelgeuse come un oggetto esteso?

Soluzione.

Dalla formula di Pogson ricaviamo la magnitudine assoluta di Betelgeuse:

$$\mathrm{M = m + 5 - \ 5logd = 0.42 + 5 - 5\log 152 = -5.49}$$

Per trovare la distanza alla quale Betelgeuse apparirebbe luminosa come la Luna piena applichiamo di nuovo la legge di Pogson a Betelgeuse, questa volta con m=magnitudine Luna piena=-12.74:

$$5\log d = \mathrm{m - M + 5 = -12.74 + 5.49 + 5 = -2.25} \quad \rightarrow \quad \mathrm{d} = 10^{\frac{-2.25}{5}} = 10^{-0.45} = 0.355\ \mathrm{pc}$$

Per calcolare il diametro apparente di Betelgeuse, alla distanza di 0.355 pc dal Sole, dobbiamo prima ricavare il suo raggio. Confrontando Betelgeuse con il Sole e utilizzando la legge di Stefan-Boltzmann per la luminosità, abbiamo:

$$\mathrm{M_B - M_S} = -2.5\log\left(\frac{\mathrm{L_B}}{\mathrm{L_S}}\right) =$$

$$= -2.5\log\left(\frac{4\pi\sigma\ \mathrm{T_B^4\ R_B^2}}{4\pi\sigma\ \mathrm{T_S^4\ R_S^2}}\right) = -2.5\log\left(\left(\frac{\mathrm{T_B}}{\mathrm{T_S}}\right)^4 \left(\frac{\mathrm{R_B}}{\mathrm{R_S}}\right)^2\right) = -2.5\log\left(\frac{\mathrm{T_B}}{\mathrm{T_S}}\right)^4 - 2.5\log\left(\frac{\mathrm{R_B}}{\mathrm{R_S}}\right)^2 =$$

$$= -10\log\left(\frac{3500\ \mathrm{K}}{5778\ \mathrm{K}}\right) - 5\log\left(\frac{\mathrm{R_B}}{\mathrm{R_S}}\right) = +2.177 - 5\log\left(\frac{\mathrm{R_B}}{\mathrm{R_S}}\right)$$

da cui:

$$-5\log\left(\frac{\mathrm{R_B}}{\mathrm{R_S}}\right) = -5.49 - 4.83 - 2.177 = -12.50 \quad \rightarrow \quad \mathrm{R_B} = 10^{\frac{12.50}{5}}\ \mathrm{R_S} = 10^{2.5} \cdot \mathrm{R_S} \cong 316\ \mathrm{R_S} \cong$$
$$\cong 220 \cdot 10^6\ \mathrm{km}$$

Dato che 0.355 pc $\cong 1.10 \cdot 10^{13}$ km, il diametro apparente (α) di Betelgeuse è:

$$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{R_B}{d}\right) = 2 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{220 \cdot 10^6\ \text{km}}{1.10 \cdot 10^{13}\ \text{km}}\right) = 2 \cdot \sin^{-1}(2 \cdot 10^{-5}) = 8.25''$$

A causa dell'atmosfera il potere risolutivo dei telescopi posti sulla superfice della Terra è limitato al valore medio del seeing, che è $\cong 1''$. Ma le dimensioni apparenti di Betelgeuse risultano maggiori del valore medio del seeing, quindi ha senso calcolare il diametro del telescopio che ci permette di vederlo come un corpo esteso.

Il potere risolutivo "β" in secondi d'arco di un telescopio con apertura "D" per osservazioni a lunghezza d'onda λ è dato dalla relazione:

$$\beta = 1.22 \cdot \frac{\lambda}{D} \cdot 206265$$

Ponendo quindi β = 8.25", possiamo ricavare l'apertura minima del telescopio che ci permette di osservare Betelgeuse come sorgente estesa:

$$D = 1.22 \cdot \frac{\lambda}{\beta} \cdot 206265 = 1.22 \cdot \frac{5500 \cdot 10^{-10}\ \text{m}}{8.25\ ''} \cdot 206265 = 0.0168\ \text{m} = 1.68\ \text{cm}$$

4. Una nebulosa planetaria

Una nebulosa planetaria ci appare perfettamente sferica. Il suo diametro è di 30000 UA, mentre la sua distanza dal Sole è di 1000 anni luce. La nebulosa si espande con una velocità radiale costante V_r = 30 km/s. La magnitudine superficiale media della nebulosa è: m_{sup} = 18.69 mag/arcsec^2. Nell'ipotesi che la velocità di espansione e la magnitudine superficiale attuali si mantengano invariate nel tempo, calcolate:

1. la magnitudine apparente integrata della nebulosa planetaria;
2. il suo diametro tra 100 anni;
3. la sua magnitudine integrata tra 100 anni.

Soluzione.

1. Detti "D" il valore del diametro attuale della nebulosa e "α" il corrispondente diametro angolare, indicando con "d" la distanza vale la relazione:

   $D = d \tan \alpha$, da cui ricaviamo:

   $$\alpha = \text{arctg}\ \frac{D}{d} = \text{arctg}\ \frac{4.488 \cdot 10^{12}\ \text{km}}{9461 \cdot 10^{12}\ \text{km}} \cong 1'.631 \cong 97''.85$$

   L'area della nebulosa sarà quindi:

   $$A = \pi \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 = 7519\ \text{arcsec}^2$$

   Per la magnitudine apparente integrata avremo infine:

   $$m_A = m_{sup} - 2.5 \log A = 9.00$$

2. In 100 anni la nebulosa si espanderà in ogni direzione di una quantità:

   $$\Delta R = v \cdot \Delta t = 30\ \text{km/s} \cdot 3.1558 \cdot 10^9 \text{s} \cong 9.4674\ 10^{10}\ \text{km} \cong 632.8\ \text{UA}$$

   Quindi il diametro della nebulosa tra 100 anni varrà:

   $$D_{100} = D + 2 \cdot \Delta R \cong 31270\ \text{UA} \cong 4.677 \cdot 10^{12}\ \text{km}$$

3. Essendo ancora: $D_{100} = d \tan \alpha_{100}$,
   ricaviamo:

   $$\alpha_{100} = \text{arctg}\ \frac{D_{100}}{d} = \text{arctg}\ \frac{4.677 \cdot 10^{12}\ \text{km}}{9461 \cdot 10^{12}\ \text{km}} \cong 1'.700 \cong 102''.0$$

   L'area della nebulosa sarà quindi: $A_{100} = \pi \left(\frac{\alpha_{100}}{2}\right)^2 = 8167\ \text{arcsec}^2$

   Per la magnitudine apparente integrata avremo infine:

   $$m_{A100} = m_{sup} - 2.5 \log A_{100} = 8.91$$

5. Il Maggiore Tom

Nel testo della canzone "Space Oddity" (David Bowie, 1969), il Maggiore Tom, in orbita con la sua navicella attorno alla Terra, afferma di essere: "Though I'm past one hundred thousand miles", ovvero a 100000 miglia dalla Terra. Sapendo che il miglio nautico è definito come la lunghezza dell'arco di meridiano sotteso da un angolo di un minuto d'arco e assumendo la Terra sferica, calcolate la distanza della navicella dalla superficie terrestre in km e il suo periodo orbitale. Ipotizzando che dall'Italia sia visibile il transito davanti alla Luna piena della navicella del Maggiore Tom il 19 febbraio 2019, con la Luna al meridiano, calcolate quando si verificherà il transito successivo (giorno e ora) della navicella sul disco della Luna, indicate che fase avrà la Luna e dite se questo fenomeno sarà ancora osservabile dall'Italia. Assumete le orbite di navicella e Luna attorno alla Terra complanari.

Soluzione.

Nel testo non è specificato se il Maggiore Tom si trova a 100000 miglia dalla superficie della Terra o dal centro di essa, né se la navicella ruota intorno alla Terra con lo stesso verso della Luna o in verso opposto. Sono quindi state considerate corrette le soluzioni che assumono la distanza riferita al centro della Terra e/o un verso di rotazione della navicella opposto a quello della Luna.

Dalla definizione di miglio:

$$1\ \mathrm{NM} = \frac{2\pi \cdot R_T}{360 \cdot 60} = \frac{2\pi \cdot 6378\ \mathrm{km}}{360 \cdot 60} = 1.855\ \mathrm{km}$$

la distanza della navicella dalla superficie terrestre (d) è:

$$d = 100000\ \mathrm{NM} = 100000 \cdot 1.855\ \mathrm{km} = 185500\ \mathrm{km} = 185.5 \cdot 10^3\ \mathrm{km} = 185.5 \cdot 10^6\ \mathrm{m}$$

Per calcolare il periodo orbitale della navicella (P_N) utilizziamo la terza legge di Keplero, con $a = d + R_T$:

$$P_N = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot a^3}{G \cdot M_T}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot (d + R_T)^3}{G \cdot M_T}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot (185.5 \cdot 10^6\ \mathrm{m} + 6378 \cdot 10^3\ \mathrm{m})^3}{G \cdot M_T}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot 7.064 \cdot 10^{24}\ \mathrm{m}^3}{6.674 \cdot 10^{-11} \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^{-2}} \cdot 5.97 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}} \cong 836.6 \cdot 10^3\ \mathrm{s} \cong 9.682\ \mathrm{g}$$

Con buona approssimazione la Luna piena è visibile alla mezzanotte locale al meridiano, quindi il transito della navicella davanti la Luna è visibile il 19 febbraio 2019 alle 24:00 = 20 febbraio 2019 ore 00:00.

Per calcolare quando avviene il transito successivo dobbiamo calcolare il periodo sinodico della navicella rispetto alla Luna (T_{sin_N}). Detto P_L il periodo orbitale della Luna (P_L=27.322 g) e assumendo che navicella e Luna ruotino intorno alla Terra con lo stesso verso avremo:

$$\frac{1}{T_{sin\_N}} = \frac{1}{P_N} - \frac{1}{P_L} = \frac{1}{9.682\ \mathrm{g}} - \frac{1}{27.322\ \mathrm{g}} = 6.668 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{g}^{-1}$$

da cui:

$$T_{sin\_N} \cong 15\ \text{giorni}$$

Il transito successivo si verificherà quindi il 6 marzo 2019 alle 24:00 = 7 marzo 2019 ore 00:00.

Per stimare la fase della Luna quando avviene il transito successivo dobbiamo calcolare il periodo sinodico della Luna rispetto alla Terra (T_{sin_L}). Detto P_T il periodo orbitale della Terra (P_T=365.26 g) avremo:

$$\frac{1}{T_{sin\_L}} = \frac{1}{P_L} - \frac{1}{P_T} = \frac{1}{27.322\ \mathrm{g}} - \frac{1}{365.26\ \mathrm{g}} = 3.386 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{g}^{-1}$$

da cui:

$$T_{sin\_L} \cong 29.53\ \text{giorni}$$

Quindi se al primo transito la Luna è piena, al transito successivo (dopo 15 g, che corrispondono circa a metà del periodo sinodico della Luna) la Luna sarà nuova.

Alla latitudine dell'Italia la Luna nuova sorge, in prima approssimazione in quanto l'ora esatta dipende dalla sua latitudine, alle 6:00 e tramonta alle 18:00, quindi non è visibile alla mezzanotte. Ne segue che il transito successivo della navicella del Maggiore Tom sul disco della Luna non è visibile dall'Italia, perché avviene con la Luna sotto l'orizzonte.

Assumendo invece che navicella e Luna ruotino intorno alla Terra con verso opposto avremo:

$$\frac{1}{T_{sin\_N}} = \frac{1}{P_N} + \frac{1}{P_L} = \frac{1}{9.682\ g} + \frac{1}{27.322\ g} = 1.399 \cdot 10^{-1}\ g^{-1}$$

da cui:

$$T_{sin\_N} = 7.149\ g = 7g\ 3h\ 34m$$

Il transito successivo si verificherà quindi il 27 febbraio 2019 alle 03:34.
Poiché 7.149 g corrispondono a circa ¼ del periodo sinodico della Luna, la Luna sarà prossima alla fase di ultimo quarto. Alla latitudine dell'Italia la Luna all'ultimo quarto sorge, in prima approssimazione in quanto l'ora esatta dipende dalla sua latitudine, alle 24:00 e tramonta alle 12:00, quindi è visibile alle 03:34.

Nel caso in cui consideriamo le 100000 miglia misurate dal centro della Terra, otteniamo i seguenti valori:

distanza della navicella dalla superficie terrestre: $d \cong 179.1 \cdot 10^3\ km = 179.1 \cdot 10^6\ m$

periodo orbitale della navicella: $P_N \cong 795.3 \cdot 10^3\ s \cong 9.205\ g$

Se la navicella ruota nello stesso verso della Luna il periodo sinodico della navicella rispetto alla Luna vale:

$T_{sin\_N} = 13.88\ g = 13g\ 21h\ 7m$.

Il transito successivo si verificherà quindi il 5 marzo 2019 alle 21:07 e le considerazioni sulla sua visibilità non cambiano rispetto a quanto calcolato precedentemente, in quanto la Luna sarà prossima alla fase di nuova e quindi sotto l'orizzonte anche in questo secondo caso.
Se la navicella ruota con verso opposto a quello della Luna, il periodo sinodico vale invece:

$T_{sin\_N} = 6.88\ g = 6g\ 21h\ 7m$.

Il transito successivo si verificherà quindi il 26 febbraio 2019 alle 21:07.
Poiché 6.88 g corrispondono a poco meno di ¼ del periodo sinodico della Luna, la Luna sarà prossima alla fase di ultimo quarto. Alla latitudine dell'Italia la Luna all'ultimo quarto sorge, in prima approssimazione in quanto l'ora esatta dipende dalla sua latitudine, alle 24:00 e tramonta alle 12:00, quindi non è visibile alle 21:07.

Olimpiadi Italiane di Astronomia 2019

Gara Interregionale – 14/15 febbraio 2019

Alcuni dati di interesse

Tabella 1 – Sole

Raggio medio	695475 km	Età stimata	$4.57 \cdot 10^9$ anni
Massa	$1.99 \cdot 10^{30}$ kg	Classe spettrale	G2 V
Temperatura della fotosfera	5778 K	Posizione nel diagramma HR	Sequenza Principale
Magnitudine apparente dalla Terra	- 26.74	Distanza media dal centro galattico	27000 anni luce
Magnitudine assoluta	+ 4.83	Periodo di rivoluzione intorno al centro galattico	$2.5 \cdot 10^8$ anni

Tabella 2 – Sistema Solare

	Mercurio	Venere	Terra	Luna	Marte	Giove	Saturno	Urano	Nettuno
Raggio medio (km)	2440	6052	6378	1738	3397	71493	60267	25557	24766
Massa (kg)	$3.30 \cdot 10^{23}$	$4.87 \cdot 10^{24}$	$5.97 \cdot 10^{24}$	$7.35 \cdot 10^{22}$	$6.42 \cdot 10^{23}$	$1.90 \cdot 10^{27}$	$5.69 \cdot 10^{26}$	$8.68 \cdot 10^{25}$	$1.02 \cdot 10^{26}$
Semiasse maggiore dell'orbita (km)	$57.91 \cdot 10^6$	$108.2 \cdot 10^6$	$149.6 \cdot 10^6$	$384.4 \cdot 10^3$	$227.9 \cdot 10^6$	$778.4 \cdot 10^6$	$1.427 \cdot 10^9$	$2.871 \cdot 10^9$	$4.498 \cdot 10^9$
Periodo orbitale	$87.969^{\,g}$	$224.70^{\,g}$	$365.26^{\,g}$	$27.322^{\,g}$	$686.97^{\,g}$	$11.863^{\,a}$	$29.447^{\,a}$	$84.017^{\,a}$	$164.79^{\,a}$
Eccentricità dell'orbita	0.2056	0.0068	0.0167	0.0549	0.0934	0.0484	0.0542	0.0472	0.0086
Tipo	roccioso	roccioso	Roccioso	roccioso	roccioso	gassoso	gassoso	gassoso	gassoso

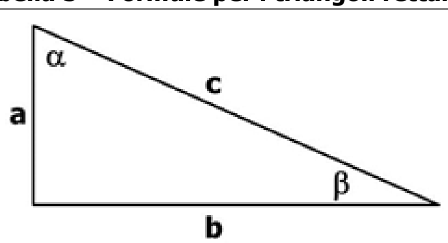
Tabella 3 – Area della superficie e volume per figure geometriche notevoli

area ellisse	area superfice sfera	area superfice cilindro	volume sfera	volume cilindro
$\pi \cdot a \cdot b$	$4\pi \cdot R^2$	$2\pi \cdot R\,(h+R)$	$(4/3)\,\pi \cdot R^3$	$\pi \cdot R^2 \cdot h$

Tabella 4 – Costanti fisiche

Nome	Simbolo	Valore	Unità di misura
Costante di Stefan-Boltzmann	σ	$5.670 \cdot 10^{-8}$	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$
Velocità della luce nel vuoto	c	299792	$km \cdot s^{-1}$
Costante di Gravitazione Universale	G	$6.674 \cdot 10^{-11}$	$m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}$
Accelerazione di gravità sulla Terra al livello del mare	g	9.807	$m \cdot s^{-2}$

Tabella 5 – Formule per i triangoli rettangoli



Teorema di Pitagora: $c^2 = a^2 + b^2$

Funzioni trigonometriche:
$a = c \operatorname{sen} \beta$ $\quad a = c \cos \alpha$ $\quad a = b \tan \beta$

Tabella 6 – Fattori di conversione

1 anno luce = $9461 \cdot 10^9$ km = 0.3066 parsec = 63242 UA

1 parsec = $30857 \cdot 10^9$ km = 3.262 anni luce = 206265 UA

1 radiante ≅ 57° 17′ 45″ ≅ 206265″

M (Mega) = 10^6

G (Giga) = 10^9

μ (micro) = 10^{-6}

n (nano) = 10^{-9}

Å (angstrom) = 10^{-10} m

Nota: I valori numerici presenti nelle tabelle sono in notazione scientifica.