

Problema 8. Un viaggio nel Sistema Solare (problema nr. 2, categoria Junior, Finale Nazionale 2009)

Dopo un avventuroso viaggio siete arrivati con la vostra astronave in orbita intorno a un pianeta del nostro Sistema Solare. Osservando il Sole ne misurate la magnitudine apparente, che risulta essere pari a $m = -19.4$. Intorno a quale pianeta vi trovate? Si valuti la possibilità di uno sbarco sul pianeta.

Parole o espressioni chiave: pianeta del Sistema Solare, Sole, magnitudine apparente (del Sole, vista dalle immediate vicinanze del pianeta), sbarco sul pianeta

Dati non necessari: latitudine

Cenni alla teoria: Il Modulo di distanza

La magnitudine apparente m di un astro prende l'aggettivo dal fatto di dipendere, sì, dalla luminosità dell'astro, ma anche da quanto è lontano. Una sorgente intrinsecamente debole, ma molto vicina, viene percepita come più brillante di una sorgente intrinsecamente molto luminosa ma molto lontana.

Tutto ciò si manifesta in modo evidente nella formula di Pogson, quando si esprime il flusso luminoso F in termini della luminosità L della sorgente. Poiché l'energia irradiata si distribuisce su una superficie sferica di raggio D (dove D è la distanza della sorgente dall'osservatore), si ha

$$F = \frac{L}{4\pi D^2}$$

e quindi

$$m = m_0 - 2.5 \log_{10} \left(\frac{L}{4\pi F_0 D^2} \right)$$

Si vede che la magnitudine apparente dipende sia dalla luminosità intrinseca L , sia dalla distanza D .

In particolare, se a due distanze D_1 e D_2 corrispondono due magnitudini apparenti M_1 ed m_2 , si ricava facilmente la relazione

$$m_2 - m_1 = -2.5 \log_{10} \left(\frac{D_1^2}{D_2^2} \right) = 5 \log_{10} \left(\frac{D_2}{D_1} \right)$$

In astronomia è però importante poter "mettere sullo stesso piano" (dal punto di vista dello splendore) sorgenti astronomiche diverse. Dal punto di vista fisico, ciò equivale alla situazione che si crea quando le sorgenti sono poste alla stessa distanza. Convenzionalmente si è assunto per la distanza di riferimento il valore di 10 pc (1 pc=3.26 anni luce). Si perviene così alla definizione di **magnitudine assoluta** M , definita come la magnitudine apparente che la sorgente avrebbe se fosse posta alla distanza di 10 pc:

$$M = m_0 - 2.5 \log_{10} \left(\frac{L}{4\pi F_0 (10pc)^2} \right)$$

Da qui, infine, si arriva al concetto di **modulo di distanza** $m - M$, una misura della distanza della sorgente che non dipende più dalla sua luminosità intrinseca:

$$m - M = m_0 - m_0 - 2.5 \log_{10} \left(\frac{L}{4\pi F_0 D^2} \right) + 2.5 \log_{10} \left(\frac{L}{4\pi F_0 (10pc)^2} \right)$$

Ovvero, ricordando le proprietà dei logaritmi:

$$m - M = 2.5 \log_{10} \left(\frac{D^2}{(10pc)^2} \right) = 5 \log_{10} D - 5$$

dove D va espresso in pc.

Soluzione

La magnitudine apparente del Sole visto dalla Terra vale circa $m = -26.8$. Quindi la differenza di magnitudine tra il Sole visto dalla Terra e il Sole visto dal pianeta è:

$$m_1 - m_2 = -7.4$$

Dalla relazione

$$m_1 - m_2 = 5 \log_{10} \left(\frac{D_1}{D_2} \right)$$

esprimendo le distanze in Unità Astronomiche (UA), per cui $D_1 = 1$, si ha:

$$-7.4 = 5 \log_{10} \left(\frac{1}{D_2} \right)$$

ovvero:

$$-7.4 = -5 \log(D_2)$$

essendo D_2 la distanza del pianeta dal Sole in unità astronomiche. Risolvendo si ottiene:

$$D_2 = 30.2 \text{ UA.}$$

Ci troviamo quindi nei pressi del pianeta Nettuno ($D = 30.1 \text{ UA}$), dove però non è possibile progettare uno sbarco vista la sua natura fisica.