

Distanza tra pianeti: un modello in scala del sistema solare

Frequentemente le immagini del sistema solare rappresentano i corpi celesti non in scala sia per quanto concerne le dimensioni relative sia per la distanza, utile semplificazione per consentire agli studenti di comprendere la disposizione dei pianeti. L'uso di modelli approssimati è fondamentale per ridurre le variabili coinvolte e così facilitare lo studio dei concetti chiave, ma talvolta può ostacolare una profonda comprensione del fenomeno. In particolare per lo studio di fenomeni come la rotazione terrestre, le stagioni ecc e il Sole a mezzanotte, favorisce una concezione spesso errata e geocentrica.

L'attività proposta ha lo scopo di far comprendere agli studenti l'importanza dei modelli e del motivo per cui, spesso, si trascurano alcuni fattori nella loro costruzione, e infine perché si considera che i raggi solari siano paralleli (prerequisito per la comprensione dell'origine delle stagioni).

Le osservazioni di Eratostene

Eratostene di Cirene, matematico, astronomo e poeta del III secolo a.C. misurò per la prima volta la circonferenza della Terra proprio assumendo che i raggi del Sole giungessero sulla Terra parallelamente. Ma perché arrivo a questa conclusione?

Si suggerisce di visualizzare il video "[Carl Sagan - Cosmos - Eratosthenes](#)", esplicitativo dell'indagine eseguita da Eratostene.

Esecuzione dell'esperimento in classe:

Materiale: una cartina e un mappamondo, due bastoncini della stessa altezza.

Su una cartina segnare due punti di interesse con due bastoncini della stessa altezza perpendicolari alla cartina (nel caso del video la mappa raffigura l'antico Egitto, sono state indicate le città di Alessandria e Siene, luoghi delle misure di Eratostene). Esponendo la mappa ai raggi del Sole è evidente come le ombre siano identiche per i due oggetti nelle due città. Per una precisa inclinazione della cartina verso il Sole l'ombra è nulla (caso che simula il solstizio in cui si è perpendicolari ai raggi del Sole.). La realtà, però, ci mostra che le ombre di due oggetti vicini sono diverse.

Come mai? L'unica spiegazione è che la Terra non sia piatta ma rotonda. Piegando la cartina in modo da simulare la sfericità della Terra si nota che le ombre dei due bastoncini sono diverse.

Ma come mai si creano delle ombre?

Esaminando la luce di una lampada posizionata su una scrivania, i raggi non appaiono paralleli nel momento in cui colpiscono la superficie della scrivania. Il punto esattamente sotto la lampada è colpito perpendicolarmente ma i lati della scrivania vengono raggiunti in maniera obliqua. Se si allontana la lampada sempre più dalla scrivania, la differenza scompare.

Ritornando alla Terra e al Sole: il problema è stabilire se il sole è abbastanza distante in maniera che i suoi raggi possano essere considerati paralleli.

Consideriamo, per esempio, due luoghi sulla superficie terrestre a 1.500 km di distanza (figura 1).

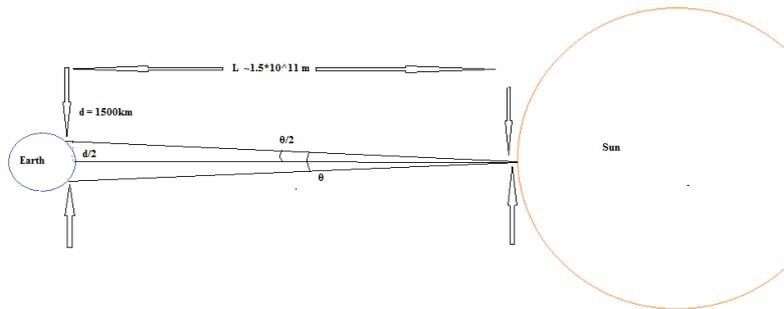


Figura 1

Si ha:

$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{d}{2L}$$

$$d \ll L \rightarrow \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \sim \frac{\theta}{2} \text{ (measured in radians)}$$

$$\text{Thus: } \frac{\theta}{2} = \frac{d}{2L} \rightarrow \theta = \frac{d}{L} \rightarrow \theta = \frac{1.5 \cdot 10^3}{1.5 \cdot 10^{11}} \rightarrow \theta = 10^{-8} \text{ rad}$$

Siccome l'apertura angolare dei raggi è vicina allo zero, possiamo considerarli paralleli. Questo avviene a causa dell'enorme differenza che c'è tra le distanze sulla Terra rispetto alla distanza Terra-Sole, tenendo in considerazione anche che il Sole non è una sorgente di luce puntiforme ma estesa.

La figura 2 serve a visualizzare il modello esatto tra Sole a Terra (a destra) rispetto al caso dei raggi non paralleli (a sinistra).

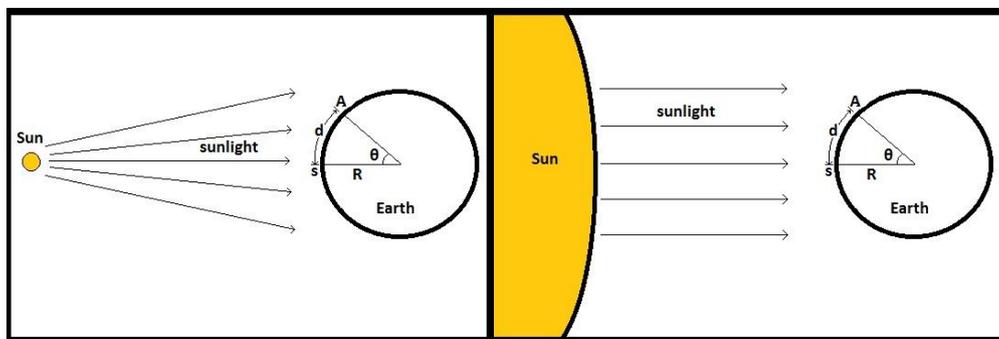


Figura 2

Il modello in scala del sistema solare

I raggi solari possono quindi essere considerati paralleli visto la grande distanza tra la Terra e Sole e la notevole differenza di dimensioni tra i due pianeti. Immaginare quanto sia realmente distante la stella e quanto sia enorme rispetto al nostro pianeta è difficile.

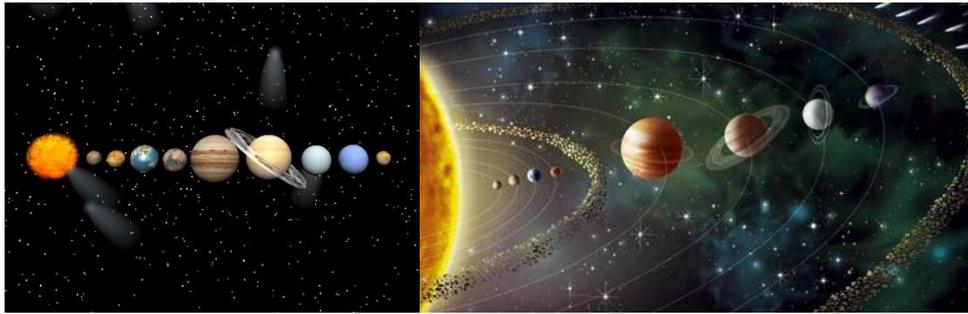


Figura 3: Errori comuni nelle rappresentazioni del sistema solare: a sinistra i pianeti sono errate le distanze, le dimensioni e l'allineamento, a destra le distanze.

La simulazione <https://www.geogebra.org/m/jtsxhhqz> consente di visualizzare le orbite e i pianeti distanziati in scala, il sistema ignora le dimensioni solari. Attraverso il comando zoom è possibile ingrandire i vari pianeti, selezionandoli dalla barra menù viene segnalata l'orbita del pianeta scelto.

Ma quali sono le distanze reali? Prima di tutto le distanze non vengono misurate in chilometri ma in unità astronomiche. Per convenzione un'unità astronomica è la distanza media tra la Terra e il Sole (1 U.A. $\approx 149.6 \cdot 10^6$ m).

Nell'attività seguente si propone di costruire un modello in scala del sistema solare per una maggior comprensione delle reali differenze tra i vari pianeti, e perché comunemente non si usa un modello dello spazio in scala.

Per facilità di comprensione, le grandezze nel foglio di calcolo saranno espresse nel sistema metrico.

Costruisci un sistema solare

Crea un modello in scala del sistema Solare e impara la vera definizione di “spazio”

Scaricare il foglio di calcolo “**Sistema Solare**”, all'interno per ogni corpo celeste sono riportati i reali diametri e raggi dell'orbita.

Come usare il foglio di calcolo “Sistema Solare”:

- ❖ *Foglio “Sistema Solare”*: Scrivere nella casella “Diametro del Sole in scala” (casella C4, testo evidenziato in rosso) il diametro che si desidera abbia il Sole in scala. Il sistema calcolerà automaticamente in scala le distanze e le dimensioni degli altri pianeti.
- ❖ *Foglio “Terra-Sole”*: in questo foglio è possibile impostare il valore desiderato per la Terra e verrà automaticamente calcolata in scala la dimensione del Sole.

Considerando le misure ottenute si può costruire su carta il proprio sistema solare. Usando un metro a nastro e un oggetto per segnare le posizioni dei pianeti, è possibile costruire tutto il Sistema solare. Per poter efficacemente riportare in scala il proprio modello si suggerisce di non esagerare con le misure del Sole.

Come si può osservare, se si considerasse la Terra come una piccola pallina di diametro 1 cm, il Sole sarebbe grande 11 cm circa e distante quasi 12 metri.

L'enorme differenza permette di considerare che i raggi solari siano paralleli, e giustifica l'uso di modelli non in scala che renderebbero difficile lo studio del sistema solare.

Credits:

<http://eratosthenes.ea.gr/>

<https://www.geogebra.org>