

## **L'Universo in una stanza**

**di *Fabio Falchi***

Introduzione.....	2
Descrizione del percorso .....	3
1. Le dimensioni del pianeta Terra .....	3
2. Le dimensioni del Sistema Solare.....	5
3. Le dimensioni della nostra Galassia .....	7
4. Le dimensioni dell'universo osservabile.....	8
Indicazioni metodologiche .....	9
Spunti per un approfondimento disciplinare.....	9
Elementi per prove di verifica .....	11
Spunti per altre attività con gli studenti .....	13
Bibliografia.....	14
Sitografia .....	15

## Scheda generale

### Obiettivi (docente-studente)

- Rendere consapevoli gli studenti dell'immensa vastità del cosmo che ci circonda, quasi al di fuori dell'immaginabile
- Imparare ad usare le proporzioni ed i cambiamenti di scala per produrre un modello di Sistema Solare
- Imparare ad usare unità di misura di lunghezza inusuali: Unità Astronomica e anno-luce

### Competenze (studente)

- Costruire modelli in scala dei pianeti usando correttamente la scala scelta
- Usare adeguatamente linguaggio scientifico ed, in particolare, quello dell'astronomia
- Saper ricavare informazioni da fonti diverse
- Valutare l'attendibilità delle informazioni trovate

**Tempo medio per svolgere l'attività in classe:** 12 ore

### Introduzione

L'obiettivo fondamentale di questo percorso didattico è quello di far capire agli studenti in maniera efficace quali siano le reali dimensioni degli oggetti celesti, partendo dal nostro pianeta, passando per il nostro sistema solare, la nostra galassia, il gruppo locale di galassie e l'intero Universo visibile nel suo complesso. Alla fine del percorso lo studente che avrà veramente compreso non potrà che rimanere colpito per sempre da quanto scoperto.

Durante il percorso didattico lo studente dovrà consolidare le proprie conoscenze e abilità nell'uso delle proporzioni e delle potenze di dieci applicate ai cambiamenti di scala necessari per percepire le dimensioni dell'universo. Nella costruzione del modello del Sistema Solare lo studente sarà inoltre chiamato a misurare oggetti e distanze.

L'obiettivo finale, come già accennato, è quello di far comprendere agli studenti quali siano le dimensioni dell'Universo visibile ed accessibile agli strumenti dell'astronomia moderna. Anche nell'antichità vi furono dei tentativi di stimare le dimensioni totali dell'Universo. Tolomeo, ad esempio, calcolò che il raggio della sfera delle stelle fisse, la più lontana dalla Terra secondo la sua teoria, era di quasi ventimila ('precisamente' 19.865) volte maggiore di quello terrestre. Espresso in chilometri, tale raggio risulta essere di quasi 130 milioni di chilometri. Questa è una stima incredibilmente sottostimata, per quanto siamo venuti a scoprire successivamente. Già allora però Tolomeo aveva mostrato come le dimensioni dell'Universo fossero al di là dell'immaginabile. Con il mezzo di locomozione più veloce allora disponibile, il cavallo, per attraversare l'Universo da un 'capo' all'altro, un cavaliere avrebbe impiegato, senza mai smettere di cavalcare, oltre mille anni!

Le dimensioni e le distanze che misuriamo oggi sono incomparabilmente maggiori. Sono talmente al di là dell'immaginazione che per poterne avere un'idea saranno necessari quattro passaggi, con cambiamenti di scala successivi, tipo scatole cinesi o matrioske. I passaggi saranno:

- le dimensioni del nostro pianeta (e dintorni);
- le dimensioni del Sistema Solare (con eventuale costruzione di un modello in scala);
- le dimensioni della nostra galassia, la Via Lattea;
- le dimensioni dell'Universo osservabile.

## Descrizione del percorso

### 1. Le dimensioni del pianeta Terra

#### 1.1 La forma della terra

Nel terzo secolo a.C. Eratostene di Alessandria d'Egitto fu il primo a misurare le dimensioni del nostro pianeta, basandosi sull'ipotesi che fosse sferico. Ora noi oggi non abbiamo più bisogno di dimostrare ai ragazzi che la Terra sia sferica, però risulta utile chiedere agli studenti che ne diano qualche prova. Ne possono nascere discussioni molto interessanti in classe. Le prove classiche della curvatura della Terra vanno dalla sparizione dello scafo prima delle vele per una barca che si allontana verso l'orizzonte, dalla constatazione che l'ombra della Terra sulla Luna durante le eclissi lunari è rotonda, fino alle foto della Terra dallo spazio a cominciare dalla magnifica foto scattata dall'Apollo 8 durante la prima delle nove missioni in orbita lunare, nel dicembre 1968.



**Figura 1.** Immagine del nostro pianeta ripresa dagli astronauti dell'Apollo 8.

I primi che hanno orbitato attorno ad un altro corpo celeste.

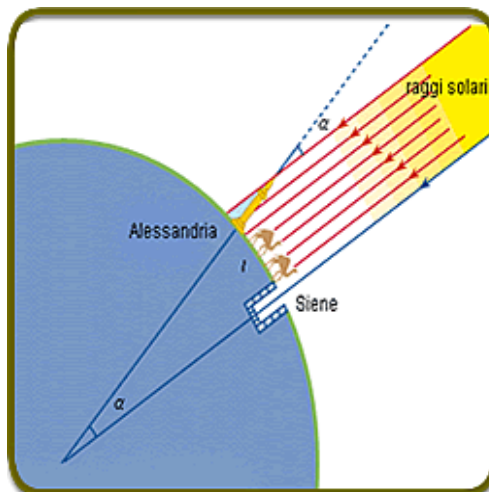
#### 1.2 Misurazione delle dimensioni della Terra

Eratostene, avendo saputo che a Siene durante il solstizio estivo a mezzogiorno i pozzi erano illuminati fino al fondo (implicando che il Sole passasse per lo zenit in quella località) misurò l'altezza del Sole da Alessandria d'Egitto scoprendo che il Sole 'mancava' lo zenit per 7,2° (Figura 2). Questo, unito alla conoscenza della distanza L tra le due città, con una semplice proporzione porta direttamente a trovare la lunghezza della circonferenza terrestre C:

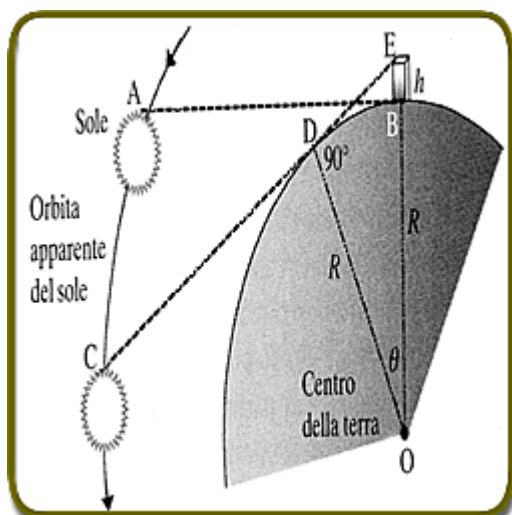
$$7,2^{\circ}:360=L:C$$

Possiamo ripetere l'esperienza misurando l'altezza del Sole nello stesso giorno da due località italiane poste a diversa latitudine. La misura<sup>1</sup> va effettuata al mezzogiorno vero del luogo oppure si possono effettuare diverse e frequenti misure (almeno ogni 10 minuti) per determinare l'altezza massima raggiunta dalla nostra stella (ad esempio misurando la lunghezza dell'ombra di un gnomone posizionato verticalmente su una superficie di cui si sia precedentemente verificata l'orizzontalità. La misura dalla seconda località dovrà necessariamente essere effettuata da un'altra scuola con la quale ci si sia preventivamente messi in contatto (in alternativa la misura presa dalla seconda scuola può essere 'simulata').

Un altro modo per determinare la dimensione della Terra e che non richiede di misurare l'altezza del Sole da due località diverse è spiegato nella scheda [misura del raggio terrestre](#). Si tratterà di misurare l'intervallo di tempo che passa nell'osservare l'ultimo lembo di Sole che tramonta oltre l'orizzonte marino da due altezze diverse (es. da due piani nello stesso palazzo), come mostrato in figura 3.



**Figura 2.** Schema della misurazione di Eratostene



**Figura 3.** Schema della misurazione della Terra con l'osservazione dell'istante del tramonto da diverse altezze.

Addirittura, si può compiere le due osservazioni usando la propria altezza per vedere i due tramonti. Osserverà il primo da coricato, il secondo tramonto alzandosi in piedi. Il dislivello h sarà solo di circa 1,5 m, in questo caso, ma comunque permette di vedere i due tramonti a 9 o 10 secondi di distanza.

### 1.3 Modello in scala del pianeta Terra e dintorni

Come appena visto, il nostro pianeta ha un diametro di circa 13.000 Km ( $1,3 \times 10^4$  km) ed una circonferenza di circa 40.000 Km. Per compiere il giro del globo ad una media di 100 Km/h impiegheremmo più di due settimane di viaggio ininterrotto. La Luna dista quasi 400.000 Km, dieci volte la circonferenza terrestre e trenta volte il suo diametro. Ora facciamo il primo cambiamento di scala: supponiamo che un uomo sia alto 1/10 di mm (scala 1:18.000), quanto un piccolo granello di sabbia, appena visibile ad occhio nudo. La Terra allora sarebbe un globo di 700 m di diametro e la Luna un altro, più piccolo, di 200 m, e le orbiterebbe attorno ad una distanza di 20 Km. Il Sole sarebbe un enorme sfera di 80 Km di diametro lontana 8.000 Km. Per

<sup>1</sup> Per un calcolo on-line si veda: <http://www.ts.astro.it/miur/stelle/eratostene/astrocalc/sole1.html>

mostrare intuitivamente le dimensioni dell'intero Sistema Solare, per poter comprendere i pianeti più lontani, dobbiamo evidentemente aumentare ancora il fattore di scala, diminuendo le dimensioni dei corpi del modello.

## 2. Le dimensioni del Sistema Solare

### 2.1 Dimensioni dei pianeti e del Sistema Solare

Le distanze relative tra i pianeti del nostro sistema solare erano già note, ma fu solo con Gian Domenico Cassini (1625-1712), nel 1672, che si riuscirono a misurare per la prima volta mediante una triangolazione (osservando da due punti diversi della Terra, in Francia e in Guiana Francese) le distanze dei pianeti.



Oggi i valori delle distanze dal Sole e dei diametri degli otto principali pianeti sono quelli riportati in tabella:

Pianeta	Diametro (km)	Diametro del pianeta in diametri terrestri	Distanza del pianeta dal Sole (km)	Distanza del pianeta dal Sole in unità astronomiche. u.a. = distanza media Sole-Terra
<b>Sole<sup>2</sup></b>	<b>1392000</b>	<b>109</b>		
Mercurio	4878	0,38	57.900.000	0,39
Venere	12103	0,95	108.200.000	0,72
Terra	12756	1	149.600.000	1,00
Luna (satellite della Terra)	3476	0,27	384000 (dalla Terra)	0,0026 (dalla Terra)
Marte	6.786	0,53	227.900.000	1,52
Giove	143000	11,2	778.300.000	5,20

<sup>2</sup> Il Sole, ovviamente, non è un pianeta, ma una stella.



Saturno	120500	9,4	1.427.000.000	9,50
Urano	51100	4,0	2.870.000.000	19,20
Nettuno	49500	3,9	4.497.000.000	31,00

Un sito web dove si possono confrontare tra loro le dimensioni dei vari pianeti è a questo indirizzo:

<http://www.sciencenetlinks.com/interactives/messenger/psc/PlanetSize.html>

## 2.2 Modello in scala di pianeti e Sistema Solare

Con questi dati è facile costruire un modello con le dimensioni dei pianeti e del Sole in proporzione, usando la scala che si ritiene più opportuna. Per il modello si possono usare palline già pronte (es. palle da basket, da calcio, softball, baseball, tennis, tennis tavolo, biglie di vetro ecc.) scegliendo quelle adatte oppure costruirle con materiali vari (plastilina, Pongo). Si possono anche usare palloncini da gonfiare fino alle dimensioni volute.

Supponiamo, ad esempio, che il nostro pianeta venga ridotto alle dimensioni di una biglia di vetro di 12 mm (scala 1:1000.000.000): la Luna risulterebbe orbitare a circa 40 cm e Venere, il pianeta a noi più vicino, sarebbe un'altra biglia lontana 35 m; il Sole diventerebbe un pallone di 1 m di diametro distante 125 m, mentre Giove, il pianeta più grande sarebbe un palloncino di 10 cm lontano 400 m e



**Figura 4.** Modello in scala dei pianeti del nostro Sistema Solare realizzato dall'Associazione Astrofili Mantovani. Il nostro pianeta, pur essendo il più grande di quelli terrestri (il quarto da sinistra), risulta piccolissimo se confrontato con i pianeti giganti gassosi (Giove, Saturno, Urano e Nettuno). È rappresentato anche uno dei pianeti nani, Plutone.



**Figura 5.** In questa fotografia si vede anche, alla stessa scala dei pianeti, la nostra stella. Con la scala usata in questo modello la Terra orbiterebbe a circa 180 m di distanza da questo sole, Giove a 600 m, Saturno a 1,2 km e Nettuno a 7 km!

Saturno, sarebbe un poco più piccolo, ma lontano il doppio. Nettuno orbiterebbe a circa 5 Km dal Sole. Il nostro sistema planetario risulterebbe, a questa scala, tutto contenuto in un cerchio di 10 Km di diametro.

Per incontrare la stella più vicina, l'Alfa-Centauri, dovremmo spostarci di ben 8000 Km. Per rappresentare l'intera nostra Galassia, costituita da circa 200 miliardi di stelle, avremo quindi bisogno di un nuovo cambiamento di scala.

### 3. Le dimensioni della nostra Galassia

La nostra galassia ha dimensioni inconcepibilmente grandi.

Possiamo dire che il Sistema Solare ha un diametro di circa 100 Unità Astronomiche (u.a.)<sup>3</sup>, che il centro della nostra galassia dista circa 30.000 anni-luce. Queste cifre però hanno poco significato poiché la nostra mente non è in grado di intuire distanze tanto grandi. L'unità di misura normalmente usata per le distanze astronomiche è l'anno luce, cioè la distanza che la luce percorre in un anno (9,5x10<sup>12</sup> km, 63.000 volte il raggio dell'orbita terrestre, cioè 63.000 u.a.).

Alcune delle distanze e dimensioni di oggetti astronomici sono date in tabella 2:

Oggetto	Diametro (anni-luce)	Distanza (anni-luce)
Stella più vicina	-	4,3
Nebulosa di Orione	25	1.300
Ammasso globulare M13	80	25.000
Centro della Via Lattea	-	26.000
Via Lattea	100.000	-

**Tabella 2.** Dimensioni e distanze di alcuni oggetti galattici.

#### 3.1 La Galassia

Riduciamo le dimensioni del Sistema Solare ad appena 1 m di diametro (scala 1:1013). Il Sole diventerebbe un minuscolo granello di sabbia di 1/10 mm; Alfa-Centauri, un altro granellino di sabbia, disterebbe 3 Km mentre il nucleo galattico, attorno al quale orbitiamo, sarebbe lontano 25.000 Km (due volte il diametro vero della Terra). La Galassia sarebbe un enorme disco di 100.000 Km (1/4 la vera distanza Terra-Luna) popolato da 200 miliardi di minuscoli granelli di sabbia (le stelle) distanti qualche chilometro l'uno dall'altro. Per arrivare ai confini dell'Universo abbiamo bisogno di un ulteriore cambiamento di scala.

<sup>3</sup> L'Unità Astronomica è l'unità di misura usata per le distanze all'interno del nostro Sistema Solare e corrisponde alla distanza media tra Terra e Sole, cioè circa 150 milioni di chilometri.

#### 4. Le dimensioni dell'universo osservabile

Galassia di Andromeda	250000	2,5x10 <sup>6</sup>
Ammasso di galassie della Vergine	10x10 <sup>6</sup>	60x10 <sup>6</sup>
3C 273 (quasar più luminoso)	-	2,4x10 <sup>9</sup>
Galassie più lontane	-	13,5x10 <sup>9</sup>

**Tabella 3.** Dimensioni e distanze di alcuni oggetti extragalattici.

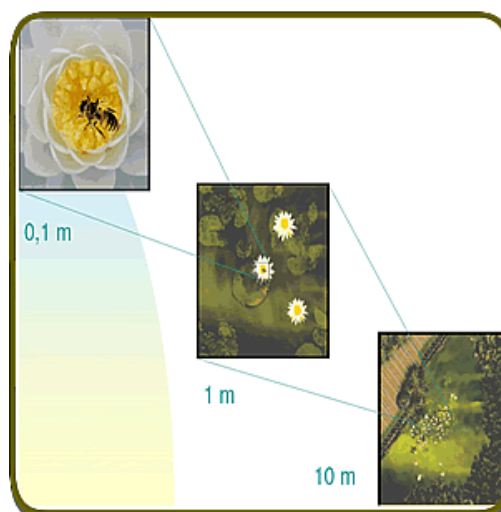
L'ultimo cambiamento di scala ci porta ai 'confini' dell'Universo visibile ed esplorabile con i nostri strumenti. Secondo le misure attuali e la teoria con maggiori conferme osservative (quella del 'Big Bang') il nostro Universo è nato poco meno di 14 miliardi di anni fa, quindi la luce più lontana visibile proviene da quasi 14 miliardi di anni luce di distanza. Le galassie si formarono qualche centinaio di milioni di anni dopo il Big Bang, quindi quelle più distanti osservabili sono (erano) a circa 13 miliardi di anni luce da noi.

##### 4.1 L'Universo

Riducendo le dimensioni della Via Lattea a quelle di uno stadio di calcio (scala 1:1021) la galassia più vicina, M31 in Andromeda (visibile ad occhio nudo da località con cieli bui), sarebbe un altro stadio dall'altra parte della città. L'ammasso di galassie della Vergine, le cui componenti sono visibili anche attraverso telescopi amatoriali, disterebbe da noi circa 60 Km. Le galassie e i quasar più distanti fotografati (lontani nella realtà oltre 10 miliardi di anni luce) sarebbero posti, nella nostra rappresentazione a circa 10.000 Km da noi: siamo finalmente giunti ai "confini" dell'Universo conosciuto.

##### 4.2 Potenze di dieci

Un modo molto intuitivo per prendere dimestichezza con le dimensioni del macrocosmo (e del microcosmo) è quello di utilizzare cambiamenti di scala sempre uguali, rimpicciolendo (o ingrandendo) ad ogni passo l'immagine di 10 volte (figura 6). Questo modo consente di prendere dimestichezza anche con la notazione scientifica che utilizza le potenze di 10. Una presentazione Power Point dell'autore, inclusa nel percorso, si basa su questi cambiamenti di scala. Esistono anche numerosi siti internet che ripropongono in maniera a volte originale questo modo di osservare





il mondo. I link, con una breve descrizione di ogni sito, sono dati nella sitografia.

Guarda l'animazione:

<http://repository.indire.it/repository/working/export/4513/files/anim2.html>

## Indicazioni metodologiche

### Prerequisiti matematici

È fortemente consigliabile aver già trattato con gli studenti le potenze, i rapporti e le proporzioni, oppure introdurre questa parte del programma di matematica contestualmente alla creazione del modello, per mostrare una applicazione immediata di quanto studiato 'in astratto' in matematica. Nel caso si proponga l'attività in terza è opportuno ripassare gli argomenti matematici alla base del percorso.

## Spunti per un approfondimento disciplinare

### Introduzione a stelle e galassie

*Per una breve introduzione alle stelle e alle galassie si veda la scheda [Stelle e Galassie](#). Nella scheda viene approfondito come è stato possibile misurare la distanza delle stelle, come viene prodotta l'energia che le tiene 'accese', come si evolvono, come sono aggregate a formare le galassie e come queste ultime si muovono.*

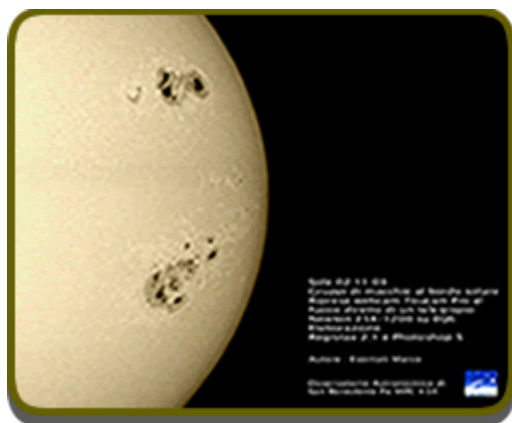
### Il cielo dal vivo

Gli studenti saranno molto incuriositi dagli oggetti presentati durante il percorso. Sarebbe quindi oltremodo opportuno dare loro la possibilità di osservare direttamente gli oggetti celesti menzionati, sia ad occhio nudo che, soprattutto, attraverso un telescopio. Purtroppo non è quasi mai possibile che un insegnante abbia le conoscenze adeguate per poter mostrare 'in diretta' con un telescopio i principali oggetti del nostro Sistema Solare e della nostra galassia, a meno che non sia un appassionato. Fortunatamente però in ogni provincia esistono una o più associazioni di astrofili che sono normalmente ben felici di aiutare a compiere i primi passi nel mondo dell'astronomia amatoriale. In più, molte associazioni dispongono di un osservatorio dove spesso svolgono opera di divulgazione anche con scolaresche. È quindi consigliabile prendere contatto con le realtà locali in modo da poter organizzare una serata osservativa dove i ragazzi avranno la possibilità di vedere con i propri occhi, non sul monitor di un PC o su una fotografia, i



**Figura 6.** La Luna, a sinistra, come risulta visibile da un piccolo telescopio (foto dell'autore). Saturno, a destra, come risulta visibile da un ottimo strumento in serate particolarmente adatte (foto di Esornati, Righelli, Benai, Associazione Astrofili Mantovani).

principali oggetti del sistema solare. La visione dei crateri della Luna e di Saturno con i suoi anelli saranno sicuramente indimenticabili per molti degli studenti (ed insegnanti) che avranno avuto la fortuna di poterli osservare attraverso uno strumento (figura 7).



**Figura 7.** Il Sole come può essere visto attraverso un telescopio dotato di filtro adatto. Fotografia di Marco Esornati, Associazione Astrofili Mantovani.

Le associazioni di astrofili che svolgono attività di divulgazione per le scolaresche inoltre dispongono normalmente di filtri speciali per l'osservazione del Sole. Osservando la nostra stella sarà quindi possibile guardare attraverso un telescopio anche di mattina, quando normalmente si svolgono le visite di istruzione (figura 8).

Elenchi delle associazioni astrofili in Italia sono disponibili ai link riportati nella sitografia.

## Alieni e U.F.O.

Può capitare facilmente che, parlando di stelle, pianeti e astronavi per muoversi nelle enormi distanze astronomiche, gli studenti pongano domande sugli extraterrestri e gli UFO. Esistono gli alieni? E gli UFO, cosa sono?

Bisogna essere preparati anche su questo fronte. Per come conosciamo l'Universo che ci circonda e la vita sulla Terra, è estremamente probabile non essere soli nel cosmo. Stime anche molto prudenti sulle probabilità che si sia formata la vita altrove portano a numeri molto elevati di civiltà tecnologiche pari o superiori alla nostra sparse per l'Universo. Per ottenere la stima del numero di civiltà si usa di solito l'**equazione di Drake** (una semplice ricerca su internet porta numerosi siti dove l'argomento viene approfondito). Anche le stime più ottimistiche (quelle che portano ad avere un numero enorme di civiltà aliene) però portano ad avere una distanza media tra le diverse civiltà extraterrestri di centinaia di anni-luce.

Il discorso sugli UFO è completamente diverso. U.F.O. è l'acronimo di Unidentified Flying Object, ma è quasi sempre usato come sinonimo di astronave extraterrestre che ci visita, spia o rapisce degli umani. Anche se gli avvistamenti sono stati innumerevoli, appena si indaga in profondità si trovano spiegazioni, anche banali (esempio: pianeti scambiati per oggetti volanti) sugli eventi riportati. Come abbiamo visto, anche nel caso più ottimista, una civiltà aliena dovrebbe essere ad almeno un centinaio di anni-luce da noi: a portata di comunicazione interstellare via radio, ma assolutamente dal di fuori della possibilità di visite reciproche.

### Equazione di Drake

Una delle formulazioni dell'equazione di Drake è:

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times f_m \times L$$

**N** è il numero di civiltà extraterrestri evolute presenti nella Galassia.

**R\*** è il tasso di formazione stellare nella Via Lattea

**f<sub>p</sub>** è la frazione di stelle che possiedono pianeti

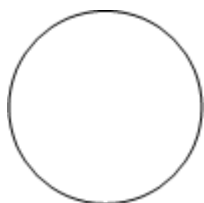
$n_e$  è il numero di pianeti per sistema solare in condizione di ospitare forme di vita  
 $f_i$  è la frazione dei pianeti  $n_e$  che ha effettivamente sviluppato la vita  
 $f_i$  è la frazione dei pianeti  $f_i$  su cui si sono evoluti esseri intelligenti  
 $f_c$  è la frazione di esseri intelligenti in grado (e con la volontà) di comunicare  
 $f_m$  è la frazione di esseri intelligenti in grado di raggiungere e colonizzare più pianeti (non sempre considerata)  
 $L$  è la stima della durata di queste civiltà evolute

## Elementi per prove di verifica

1) Dato un cerchio di due cm di diametro (da far misurare allo studente) rappresentante un pianeta (es. Marte, Giove o la Terra stessa) ed una tabella con le reali dimensioni dei pianeti (in notazione scientifica, se si vuole), chiedere allo studente di calcolare le dimensioni degli altri pianeti del modello in scala. Un ulteriore esercizio potrebbe essere quello di aggiungere anche le distanze dal Sole e chiedere di calcolare anche quelle, usando la stessa scala.

Testo dell'esercizio:

*Dato il cerchio in figura, che rappresenta il pianeta ....., e i dati della tabella, calcola i diametri dei restanti pianeti per ottenere un modello di sistema solare usando la stessa scala.*



Pianeta .....

Astro	Diametro (km)
<b>Sole</b>	<b>1.392.000</b>
Mercurio	4.878
Venere	12.103
Terra	12.756
Luna	3.476
Marte	6.786

Giove	143.000
Saturno	120.500
Urano	51.100
Nettuno	49.500

2) Date le dimensioni (diametri o raggi) di due pianeti, calcolare quanti pianeti piccoli servirebbero per riempire il volume occupato da quello grande. I risultati possono essere sorprendenti: servirebbero, ad esempio, ben 1.400 Terre per occupare il volume di Giove (che ha un diametro di 11 volte maggiore rispetto a quello del nostro pianeta). A sua volta Giove, il pianeta maggiore, risulta minuscolo se confrontato con la nostra stella: servirebbero oltre 900 'giovì' per 'riempire' il volume occupato dal Sole.

3) Altro modo per far capire le distanze astronomiche è quello di calcolare il tempo necessario per spostarsi da un pianeta all'altro andando alle velocità tipiche dei nostri mezzi (bicicletta, 10 km/ora; automobile, 100 km/ora; aereo, 1000 km/ora).

Pianeta	Distanza del pianeta dalla Terra (km)
Mercurio	91.700.000
Venere	41.400.000
Luna (satellite della Terra)	384000
Marte	78.300.000
Giove	628.700.000
Saturno	1.277.000.000
Urano	2.720.000.000
Nettuno	4.347.000.000

Testo dell'esercizio:

1. Calcola il tempo necessario per raggiungere la Luna, Marte e Nettuno se usassimo un'astronave che si muove alla stessa velocità dei nostri aerei di linea (1000 km/ora). Usa le distanze date in tabella. Esprimi il risultato in anni, giorni, ore.

2. *Calcola il tempo necessario alla luce per coprire le stesse distanze ( $c=300.000$  km/s)*

4) L'anno-luce è l'unità di misura più usata per le distanze astronomiche al di fuori del Sistema Solare. Gli studenti possono essere chiamati a calcolare a quanti metri o chilometri equivale un anno luce.

1. *Sapendo che la velocità della luce nel vuoto è di circa  $300.000$  km/s, calcola quanta strada percorre un raggio di luce in un anno.*
2. *Calcola poi quanto tempo impiegherebbe un'astronave come quella che ha portato gli uomini sulla Luna a percorrere la stessa distanza, sapendo che la sua velocità era di circa  $11$  km/s.*
3. *La stella più vicina dista 4 anni-luce. È possibile per gli astronauti raggiungerla, supponendo che abbiano a disposizione cibo e ossigeno a sufficienza?*

## Spunti per altre attività con gli studenti

### Calcolo della lunghezza di un anno-luce.

Conoscendo la velocità della luce nel vuoto (circa  $300.000$  km/s,  $3 \times 10^5$  km/s) come è possibile arrivare a sapere quanto è lungo un anno luce? Il calcolo porta anche ad un utile ripasso delle unità di misura di tempo (secondo, minuto, ora, giorno, anno) e all'uso delle potenze di 10:  $3 \times 10^5 \times 6 \times 10^1$  (secondi in un minuto)  $\times 6 \times 10^1$  (minuti in un'ora)  $\times 2,4 \times 10^1$  (ore in un giorno)  $\times 3,65 \times 10^2$  (giorni in un anno) =  $946 \times 10^{10}$  km =  $9,46 \times 10^{12}$  km  $\approx 10^{13}$  km (diecimila miliardi di km).

Si può anche chiedere di stimare grossomodo, senza un calcolo precisissimo, la lunghezza dell'anno luce. ( $3 \times 6 \times 6 \times 2 \times 4 \times 10^{10} \approx 800 \times 10^{10}$ ).

### Calcolo della densità media delle stelle nella nostra galassia.

Abbiamo visto che nella scala usata per rappresentare la nostra galassia i circa 200 miliardi di stelle sono distribuiti su un disco di  $100.000$  km di diametro. Calcolando l'area del disco ( $8 \times 10^{15}$  m<sup>2</sup>) e dividendola per il numero di stelle si ottiene l'area a disposizione di ogni stella ( $4 \times 10^7$  m<sup>2</sup>). Ogni granello di sabbia ha a disposizione un quadrato di  $6$  km di lato! Lo spazio all'interno della nostra galassia è praticamente vuoto: incontriamo un granello di sabbia ogni  $6$  km. In realtà stelle sono distribuite in un volume, anche se il disco della galassia è molto schiacciato.

### Calcolo del volume occupato da tutti i granelli di sabbia.

Quanto spazio occuperebbero tutti i granelli di sabbia che costituiscono il nostro modello di galassia se fossero ammassati uno sull'altro invece che dispersi su un disco di  $100000$  km di diametro? La radice cubica di 200 miliardi ci dà il lato del cubo (espresso in unità di lunghezza pari al diametro del granellino, nel nostro caso  $1/10$  mm): circa 5850 decimi di millimetro, poco meno di  $60$  cm! Tutta la sabbia del nostro modello starebbe dentro una scatola cubica di  $60$  cm di lato. In realtà, visti gli spazi tra un granello e l'altro, lo spazio occupato sarebbe lievemente maggiore.

## Calcolo della distanza del Sole

I diametri apparenti<sup>4</sup> del Sole e della Luna sono quasi uguali, anche se le dimensioni reali sono molto diverse. Ma sono diverse in un modo molto particolare: il Sole è tanto più grande della Luna quanto è più lontano. In altre parole il rapporto tra i diametri dei due astri è praticamente uguale al rapporto tra le loro distanze dalla Terra. Conoscendo (o fornendo ai ragazzi) tre delle misure è facile calcolare la quarta.

Una conseguenza spettacolare di questa coincidenza cosmica è data dalle eclissi totali di Sole, dove il disco della Luna copre quasi esattamente quello solare. A causa della variabilità della distanza Terra-Luna, ci sono eclissi dove la Luna non riesce a coprire esattamente il disco solare e rimane visibile un luminosissimo anello (eclisse totale anulare). La Luna si sta a poco a poco allontanando dalla Terra (circa 4 cm all'anno) e questo toglierà ai futuri abitanti del nostro pianeta la possibilità di vedere le eclissi totali di Sole, quando, anche al perigeo<sup>5</sup> la Luna avrà un diametro apparente inferiore a quello del Sole. Qual è la distanza massima alla quale la Luna può coprire completamente il Sole? Quanti anni mancano a tale evento se ora il perigeo è di 363.000 km?

## Bibliografia

Angela, P. (1980). *Nel cosmo alla ricerca della vita*. Garzanti. Libro divulgativo che affronta in maniera agile e avvincente l'evoluzione della vita sulla Terra e di come potrebbe trovarsi anche altrove

Hoskin, M. (a cura di) (1999). *Storia dell'astronomia di Cambridge*. Rizzoli (2001) Ottima introduzione allo storia dell'astronomia, partendo dalle civiltà preistoriche, passando per le antiche civiltà babilonese, greca, cinese, araba, maya, per arrivare alla nostra, dal Medioevo ad oggi.

Maffei, P. (1973). *Al di là della Luna*. Mondadori (1983). Assieme a *i mostri del cielo* e a *L'Universo nel tempo* costituisce una trilogia di alta divulgazione della scienza dell'astronomia. Gli anni passati dalla prima pubblicazione non diminuiscono l'efficacia del testo.

Maffei, P. (1976). *I mostri del cielo*. Mondadori (1983).

Maffei, P. (1982). *L'Universo nel tempo*. Mondadori (1983).

Morrison, Phylis, *Potenze di dieci*, 1986, Zanichelli

Interessante libro che ci mostra le dimensioni delle cose, sia più grandi (fino all'intero Universo) che più piccole (fino ai costituenti ultimi, per quanto ne sappiamo finora, della materia).

UNESCO, (1956) *700 Science Experiments for Everyone*. Doubleday (1958), ISBN:0-385-05275-8 Utilissimo manuale contenente le istruzioni per eseguire facilmente e con materiali facilmente reperibili centinaia di esperimenti di ottica, elettricità, magnetismo, fisica, chimica, astronomia, biologia, geologia, fisiologia.

<sup>4</sup> Il diametro apparente è l'angolo sotto il quale vediamo un oggetto. Nel caso di Sole e Luna sono circa 31 primi d'arco, poco più di mezzo grado. In altre parole servirebbero circa 180 lune, una sopra l'altra per coprire l'arco che va dall'orizzonte allo zenit ( $90^\circ:0,5^\circ=180$ ).

<sup>5</sup> Distanza minima di un oggetto in orbita terrestre dalla Terra stessa.



## Sitografia

<http://www.wordwizz.com/pwrsof10.htm>

Sito in inglese con immagini che coprono le potenze di dieci da 10-35 m a 10+27 metri.

<http://www.bo.astro.it/universo/outreach/Potenze10/index.html>

Presentazione sulle potenze di dieci a cura dell'Osservatorio Astronomico di Bologna.

<http://www.sciencenetlinks.com/interactives/messenger/psc/PlanetSize.html>

Interessante sito in inglese dove si possono confrontare tra loro le dimensioni dei pianeti del nostro Sistema Solare.

Elenchi di associazioni astrofili operanti in Italia si possono trovare in questi siti:

<http://www.uai.it/astrofilia/associazionismo/associazioniedelegazioni.html>

[http://www.osservatoriohack.it/associazioni\\_astrofili\\_italiane.htm](http://www.osservatoriohack.it/associazioni_astrofili_italiane.htm)