

# Unità didattica 1

## Uno zoom sui corpi celesti

### Attività scientifiche da proporre:

- Approssimazione dei piccoli angoli (livello liceale)
- Relazioni tra le dimensioni apparenti di un oggetto e la distanza
- Distanza di una persona che sottende  $10^\circ$
- Calcolo delle distanze con le proporzioni
- Risoluzione di uno strumento ottico
- Cosa possiamo vedere con un binocolo e cosa con un piccolo telescopio
- Vetrino da saldatura per l'occultazione della fotosfera solare

### Informazioni generali

#### Lo scopo di questa unità didattica

Lo scopo principale è quello di far capire ai ragazzi la relazione tra le dimensioni apparenti di un oggetto e la sua distanza nonché fornire una piccola introduzione sul concetto di risoluzione angolare attraverso il calcolo del particolare minimo osservabile.

La stessa unità si prefigge anche di applicare le proporzioni al problema delle dimensioni apparenti degli oggetti. Inoltre inviteremo i ragazzi a riprodurre, sotto la supervisione di un docente, le dimensioni apparenti del Sole con una moneta da un centesimo di euro, incollandola su un vetro da saldatura a densità 5.

Confronteremo infine immagini di oggetti simili posti a distanze e lasceremo diverse libertà ai ragazzi di discutere le differenze in apparenza di questi oggetti, differenze che poi verranno effettivamente discusse collettivamente in classe.

#### Le dimensioni apparenti di un oggetto

Le dimensioni apparenti di un oggetto dipendono dalla sua distanza. Possiamo infatti facilmente vedere il disco della Luna con le caratteristiche macchie scure (che non sono altro che pianure coperte da lava e regolite lunare, la sabbia della Luna) mentre a noi sono indistinguibili i Satelliti di Giove Io ed Europa che hanno le stesse dimensioni della nostra Luna. Ma allora, perché la Luna si vede bene mentre Europa no? La luna è molto vicina, infatti dista soltanto 384000 km. La luce, muovendosi a 300000 km/s, per arrivare fino a noi dalla Luna ci impiega poco più di un secondo; invece Europa dista, nel punto più vicino alla Terra, ben 630.000.000 km. Europa è così lontano che la luce impiega 45 minuti per raggiungerci. La diversa apparenza della Luna e di Europa, diventa ancora più marcata se utilizzassimo un telescopio: mentre sulla Luna vediamo benissimo i crateri, Europa rimane un punto.





Per capire meglio di cosa stiamo parlando osserviamo le tre immagini di galassie a spirale eseguite col telescopio spaziale. La prima galassia è la galassia Vortice nei Cani da Caccia, dista 5.500.000 anni luce, la seconda è la galassia Sombrero nella costellazione della Vergine, questa galassia è 10 volte più distante, infatti appartiene all'ammasso della Vergine che dista 57000000 anni luce. L'ultima galassia è una galassia lontanissima, è stata fotografata durante le riprese dello spazio profondo eseguite col telescopio spaziale.

Che cosa si può notare? I particolari della galassia più vicina sono maggiori e più nitidi. Nella galassia Vortice possiamo vedere parecchie macchioline di colore rosso, queste macchioline non sono altro che nebulose, come la grande nebulosa in Orione presente nella nostra galassia, le macchie nere invece sono le grandi nubi molecolari e di polvere da cui nascono le stelle. Esse, quando le prime stelle inizieranno a brillare, diventeranno luminose come le nebulose. Le straordinarie capacità del telescopio spaziale ci mostrano le nebulose all'interno della galassia dei Cani da Caccia ma la galassia della Vergine è troppo lontana e riusciamo solo a scorgere le nebulose oscure che si distribuiscono lungo il disco mentre non riusciamo a vedere le nebulose luminose. Queste nebulose luminose in realtà sono troppo piccole per essere scorte a quella distanza col telescopio spaziale, ci vuole un telescopio spaziale più grande, che attualmente la NASA e l'ESA hanno in fase di progettazione. L'ultima galassia appare molto più piccola delle altre e sullo sfondo sono presenti galassie ancora più lontane e più piccole. Possiamo scorgere i bracci a spirale di questa galassia, né le nebulose oscure, né le regioni luminose sono visibili. Poiché le tre galassie sono intrinsecamente molto simili, deduciamo che la distanza è il fattore cruciale per la conversione delle dimensioni

apparenti di un oggetto in dimensioni reali, ma è anche assai importante per definire la quantità di particolari che sono visibili.

Un esempio più pratico potrebbe chiarirvi le idee, consideriamo un calciatore che gioca nello stadio di S. Siro a Milano, se cercate di distinguere il calciatore da un aereo di linea in fase di atterraggio a Malpensa e che casualmente sta transitando sopra lo stadio troverete notevoli difficoltà, un osservatore che si troverà sull'ultima gradinata dell'ultimo anello dello stadio vedrà sicuramente meglio ma non sarà ancora in grado di leggere il nome del calciatore sulla maglietta. L'arbitro invece sta in campo assieme ai giocatori per godere di una visuale migliore e dovrà (per regolamento) essere in grado sia di leggere il numero sulla maglietta che il nome del calciatore. Ebbene quando osserviamo la Galassia di Andromeda, le nubi di Magellano o la galassia nei Cani da Caccia siamo in una posizione ottimale come quella dell'arbitro mentre quando guardiamo la galassia nello spazio profondo è come se osservassimo la partita da un aereo di linea.

### **Le dimensioni apparenti degli oggetti celesti**

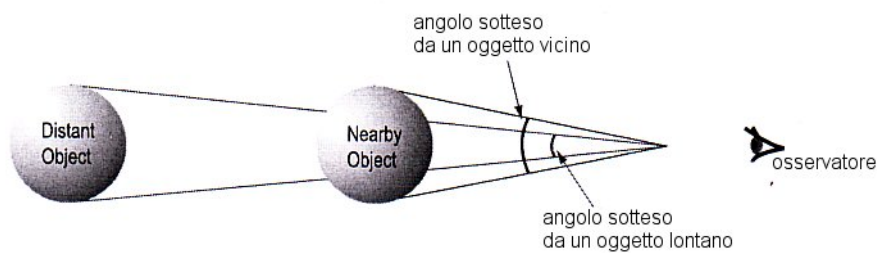
Quando osserviamo il cielo lo immaginiamo proiettato su una sfera, la sfera celeste. In realtà questo non è un fenomeno vero ma si tratta di un'interpretazione fornita dal nostro cervello. Questo succede perché il nostro punto di osservazione è situato sulla Terra che, grosso modo, presenta una forma sferica. Ad ingannare il nostro cervello contribuisce anche l'enorme distanza che ci separa dalle stelle, in particolare la nostra visione binoculare del mondo perde, nell'osservazione del cielo, la capacità di intuire la distanza di ciò che si sta osservando.

Questa "illusione ottica" ci ha consentito di riportare sulla sfera celeste un sistema di coordinate simile a quello esistente per la superficie della Terra, questo sistema di coordinate è quindi

costituito da una componente radiale (la distanza) e due componenti angolari (longitudine e latitudine celeste).

Consideriamo ora un cerchio meridiano, la sua lunghezza corrisponde ad un angolo giro di  $360^\circ$ , due corpi celesti occupanti posizioni opposte distano quindi  $180^\circ$ . Prendiamo ora in considerazione la Luna, quali sono le sue dimensioni apparenti? Come possiamo definirle?

La Luna definisce un cerchio sulla sfera celeste, se prendiamo due punti della circonferenza opposti rispetto al suo centro otteniamo il diametro apparente della Luna. Allora il diametro apparente della Luna è la distanza angolare tra i due punti appena definiti. Il diametro della Luna è di  $0,5^\circ$ , ( $1^\circ$  corrisponde a  $60'$  e ciascuno di essi corrisponde a  $60''$  il diametro della Luna è allora di  $30'$  o  $1800''$ ). La Luna è, insieme al Sole, il corpo celeste più grande per noi terrestri. In generale gli astrofisici usano i secondi per definire le dimensioni apparenti di un corpo celeste e spesso utilizzano anche i miliardesimi di secondo (mas).



Infatti più un oggetto è lontano più appare piccolo. Questa relazione legata anche all'esperienza quotidiana può sembrare banale ma non lo è dal punto di vista matematico. Per capire meglio come si presenta il fenomeno vediamo il seguente esempio.

*Procuratevi una moneta da 2 € e cercate di nascondere la testa del vostro compagno di banco con essa. Fate misurare ad un altro compagno la distanza tra voi e la moneta. Ora raddoppiate la distanza tra voi e il vostro compagno di banco e ripetete l'esperimento. Cosa si nota? Dalle misure troverete che dovete raddoppiare la distanza tra voi e la moneta per far coincidere di nuovo le dimensioni apparenti della testa del vostro compagno con quelle della moneta. In sintesi distanze e dimensioni apparenti sono inversamente proporzionali tra loro, cioè al crescere della distanza le dimensioni apparenti diminuiscono.*

Qual è allora la relazione tra le dimensioni e la distanza tra due oggetti che presentano le stesse dimensioni apparenti?

La relazione tra le dimensioni reali è descritta da una semplice proporzione:

$$\text{diametro testa} : \text{distanza testa} = \text{diametro 2 €} : \text{distanza 2€}$$

la stessa relazione possiamo scriverla anche per la Luna e il Sole, infatti è noto che durante un'eclissi totale di Sole la Luna copre il Sole mostrando la corona, quindi Luna e Sole hanno lo stesso diametro apparente. Questo ci permette di applicare la proporzione precedentemente scritta anche alla Luna e al Sole:

$$\text{diametro Luna} : \text{distanza Luna} = \text{diametro Sole} : \text{distanza Sole}$$

## Uno...mille, .. un milione o forse un miliardo!

Spesso per indicare una cifra molto grande si usa l'aggettivo "astronomica". Nulla è di più appropriato, infatti le grandezze in astronomia sono così grandi che ci costringono ad usare i prefissi delle potenze di dieci. Già dai problemi di prima media si è fatta conoscenza con due particolari grandezze, il kilogrammo e il kilometro. In entrambi i casi le grandezze contengono il prefisso kilo che indica la potenza di  $10^3$  cioè mille e sta ad indicare un multiplo dell'unità di misura corrispondente a 1000. Infatti un kilometro corrisponde a 1000 metri, un kilogrammo corrisponde a 1000 grammi. In astronomia non possiamo limitarci al prefisso kilo ma dobbiamo andare oltre per esprimere le grandezze ancora più grandi.

Numero	quantità	Potenza di 10	prefisso	simbolo
1000	Mille	$10^3$	Kilo	k
1000000	Un milione	$10^6$	Mega	M
1000000000	Un miliardo	$10^9$	Giga	G
1000000000000	Un bilione	$10^{12}$	Tera	T

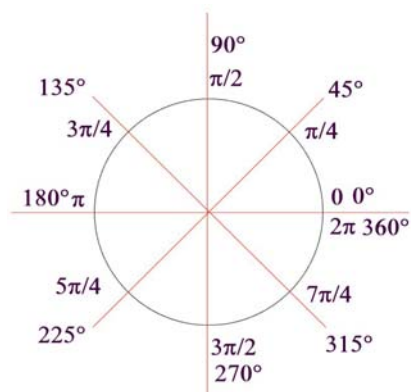
Così quando sentiamo parlare di Megaparsec, indicato Mpc perché il parsec si indica con pc, intendiamo una grandezza corrispondente ad un milione di parsec.

### Attività 1: Impariamo le unità di misura degli astronomi

Gli astronomi usano delle unità di misura stranissime, infatti le distanze dei corpi celesti sono così grande da farli apparire piccolissimi. È giunto il momento di imparare queste unità di misura e organizzare un'attività semplice per fare in modo che lo studente possa imparare a convertire un'unità in un'altra.

A causa delle enormi distanze che ci separano dalle stelle e dalle galassie gli astronomi misurano le distanze in anni luce o in parsec. Il parsec (pc) è una distanza strana corrispondente a 3,26 anni luce ed è nata perché a quella distanza da una ipotetica stella l'orbita terrestre apparirebbe con un diametro di 1" d'arco. Quanto vale un anno luce? L'anno luce è una distanza impressionante corrispondente a circa 10000 miliardi di km, se la esprimiamo in metri è meglio scriverla come potenza di 10: otteniamo che un anno luce è  $10^{16}$  metri! Per capire di cosa stiamo parlando immaginate una Ferrari a massima velocità, la Ferrari impiegherà  $10^{14}$  secondi pari a 3 milioni di anni per percorrere l'anno luce!

Anche gli angoli vengono misurati con unità particolari, gli astronomi utilizzano i secondi d'arco che sono la 3600 parte del grado e corrisponde ad una dimensione apparente 1800 volte più piccola della Luna piena; nei calcoli con gli elaboratori elettronici usano i radianti perché i computer funzionano con questo sistema.



Cos'è un radiante? Immaginiamo un angolo avente come origine il centro di una circonferenza e come lati due raggi della stessa circonferenza, un angolo di questo tipo ha ampiezza di 1 radiante quando descrive un arco di circonferenza di lunghezza uguale a quella del raggio. L'angolo giro descrive invece tutta la circonferenza che, come ben sappiamo dalla geometria, è  $2\pi$  volte più lunga del raggio, quindi misura  $2\pi$  radianti. L'angolo piatto, essendo la metà dell'angolo giro, misura  $\pi$  radianti e l'angolo retto, che è la metà dell'angolo piatto, misura  $\pi/2$  radianti. Per convertire i radianti in secondi d'arco è sufficiente moltiplicare

per il fattore **206369**, mentre se vogliamo trovare i radianti conoscendo i secondi d'arco dobbiamo dividere per questo numero.

Infine ricordiamo l'unità di distanza del sistema solare, cioè l'unità astronomica corrispondente a 149600000 km che è la distanza Terra – Sole.

Unità	conversione	Conversione inversa
radiante	206369 “ d’arco	1”=0,00000484 rad
Anno luce	$10^{13}$ km	1 km= $10^{-13}$ a.l.
parsec	1 pc=3,26 a.l.	1 a.l.=0,30674 pc
Unità astronomica	1 ua =149600000 km	1000000 km =0,0066 ua

Per convertire un angolo espresso in gradi in radianti è sufficiente risolvere la proporzione:

$$\text{angolo} : 360^\circ = x : 2\pi$$

mentre se desideriamo convertire un angolo da radianti a gradi useremo la proporzione:

$$x : 360^\circ = \text{angolo} : 2\pi$$

### Test di verifica attività 1

Si faccia compilare la seguente tabella agli studenti e si forniscano 2 punti per ogni risposta corretta.

Gradi	radianti
115	
	1,23
23	
	3,13
	2,16
57	
45	
	0,006
36	

parsec	Anno luce	km	Unità astronomiche
3,12		33000000	
	56,7	384000	
	1200		16
340		227000000	
	16		4,67
10000			1,56

### Attività 2: misuriamo il diametro del Sole

La seguente attività deve essere svolta da un gruppo di 3 studenti. Occorre procurarsi il seguente materiale:

- Vetro da maschera saldatrice con densità ottica 5
- Una moneta da un centesimo di €
- Colla rapida
- Calibro
- Metro da sarta

Incolliamo la moneta da un centesimo di € al vetro annerito della maschera di saldatura. L'esperienza verrà eseguita il primo giorno successivo che sia sereno e osservabile il Sole. Accertarsi che la colla sia indurita e il disco ben saldo.

L'alunno A procede nascondendo al proprio occhio il disco del Sole col dischetto del centesimo di €, l'alunno B allontana lentamente il vetrino fino a quando A gli comunica che Sole e il centesimo presentano le stesse dimensioni angolari. L'alunno C procede prima alla misura della distanza del vetrino dall'occhio di A col metro da sarto, poi col calibro misura il diametro del centesimo.

Calcolate ora il diametro del Sole sapendo che dista da noi 149600000 km.

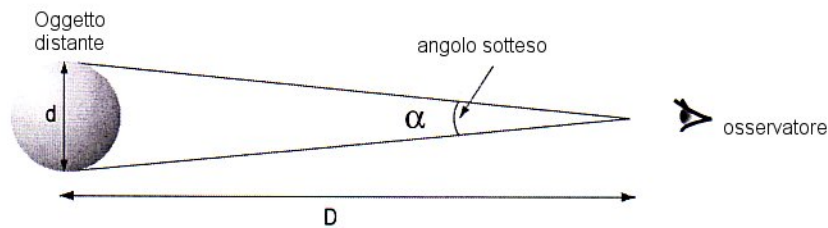
*Suggerimento: provate ad usare la proporzione*

$$\text{Dist. Sole} : \text{Dist moneta} = \text{diametro Sole} : \text{diametro moneta}$$





### Attività 3: calcolo delle dimensioni dei corpi celesti



Esiste una semplice formula per il calcolo delle dimensioni reali di un corpo celeste conoscendo a priori la sua distanza. Con questa formula possiamo calcolare le dimensioni reali degli astri di cui siamo in grado di misurare distanza e dimensioni apparenti:

$$r = D \cdot a$$

Dove  $r$  è il raggio del corpo celeste mentre  $D$  è la distanza. L'angolo  $a$  sotteso dal corpo celeste è espresso in radianti, se vogliamo invece una formula con  $a$  in secondi d'arco dobbiamo riscriverla col fattore di conversione:

$$r = \frac{D \cdot a}{206369}$$

È importante che diametro e distanza siano espresse con le stesse unità di misura, in caso contrario otterremo un valore senza alcun senso.

Vediamo alcuni esempi di questa formula:

- *Saturno mostra un diametro apparente di 19" mentre la sua distanza dalla Terra è di 1300000000 km, quanto vale il suo raggio?*

$$r = \frac{1300000000 \text{ km} \cdot 19''}{206369} = 119688 \text{ km}$$

- *Una galassia distante 60 milioni di anni luce presenta delle dimensioni di 300", calcoliamone il diametro*

$$r = \frac{60000000 \text{ al} \cdot 300''}{206369} = 87200 \text{ al}$$

### Attività 4: trasporto di informazioni

È noto agli astronomi che la lunghezza delle variazioni luminose a cui va soggetto un astro è legata alle dimensioni dell'astro, infatti l'informazione del processo fisico che provoca la variazione non può essere trasportata all'interno dell'astro ad una velocità superiore a quella della luce. Quindi la velocità della luce ci fornisce un valore massimo delle dimensioni dell'astro in questione.

$$\text{Dimensione dell'astro} < \text{velocità della luce} \cdot \text{intervallo di tempo}$$

Per capire meglio questo concetto proviamo un'attività che possiamo mettere in pratica anche in classe; occorre munirsi del seguente materiale:

- Un bacinella piuttosto grande (circa 60 cm)
- Due pezzetti di legno
- Una biglia di metallo
- Un metro da sarta
- Un cronometro da polso

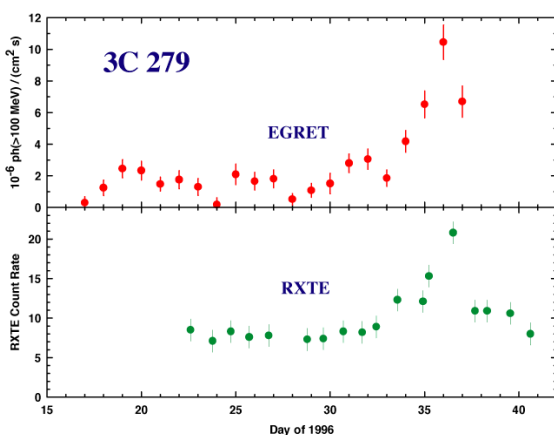
Riempiamo la bacinella di acqua, poi aiutandoci col metro da sarta posizioniamo i due pezzetti di legno ad una distanza di 50 cm l'uno dall'altro. Ora prendiamo la biglia di metallo e la lasciamo affondare dolcemente accanto ad un pezzetto di legno. Dal punto di affondamento inizierà a propagarsi un'onda circolare.

1. provate a cronometrare il tempo che l'onda impiega a raggiungere il secondo pezzetto di legno
2. moltiplicate il tempo ottenuto per 300000000 m/s che è la velocità della luce
3. verificate che troverete una distanza maggiore dei 50 cm a cui erano stati messi i pezzetti di legno

### Applicazioni astrofisiche

- Ci sono nuclei galattici attivi che sono soggetti a variazioni di luminosità in banda gamma dell'ordine di 40 minuti! Ciò significa che la regione responsabile della forte emissione gamma non è più grande di 40 minuti luce, ossia è contenuta entro una sfera di raggio di 740 milioni di km.
- I lampi gamma lunghi hanno una durata di una qualche decina di secondi, corrispondenti alle dimensioni di una stella supergigante, da qui l'ipotesi, che poi ha avuto conferme osservative, che siano prodotti dalle esplosioni di supernova.
- I lampi brevi hanno durata di uno o due secondi, coinvolgono regioni più piccole di 600000 km e ciò lascia pensare che si tratta di fenomeni coinvolgenti astri collassati come stelle di neutroni e nane bianche.

### Problemi



Conta le tacche per determinare i giorni del picco di luminosità del quasar 3C279, prova a calcolare quanto può essere grande il suo nucleo?

Il nucleo della via Lattea mostra variazioni dell'ordine di 25 minuti, qual è il limite massimo delle sue dimensioni?