

# Museo-LAB

## Il museo come laboratorio

### Infini.to – Museo dell’Astronomia e Planetario

Attività di ricerca – azione didattica

Percorso relizzato grazie alla collaborazione della prof.ssa Mirella Rossino docente di Fisica presso il Liceo Scientifico “A. Volta” di Torino



## Obiettivi

- utilizzare strutture museali del territorio come integrazione ai laboratori scolastici per attività complementari alla didattica curricolare
- abituare gli studenti a utilizzare occasioni di apprendimento anche al di fuori della struttura e dell'iter scolastico, mirando ad una formazione continua
- sperimentare una metodologia didattica che preveda l'integrazione dell'esperienza di laboratorio extracurricolare inserendola nella programmazione in modo non accessorio, ma ad arricchimento e completamento della stessa
- promuovere l'interesse degli alunni per le scienze e per la tecnologia partendo dall'astronomia
- consolidare le conoscenze scientifiche curricolari, per lo sviluppo di nuove competenze in situazioni e ambienti extrascolastici
- stimolare gli studenti alla fruizione museale e in particolare alla fruizione del museo scientifico di nuova generazione, il science center
- fornire spunti, esempi concreti e applicazioni dei contenuti curricolari nella attuale ricerca scientifica

## Gli exhibit

**Lo specchio sulla Luna** Esperimento quantitativo che permette di misurare, anche se con grande approssimazione, la distanza Terra-Luna utilizzando le leggi del moto.

**Il salto sulla Luna** Esperimento quantitativo che permette di simulare l'accelerazione di gravità lunare. Viene utilizzato un piano inclinato, il cui studio è previsto dal programma curricolare di Meccanica.

**Le rotazioni** Esperimento qualitativo con il quale è possibile verificare la legge di conservazione del momento angolare.

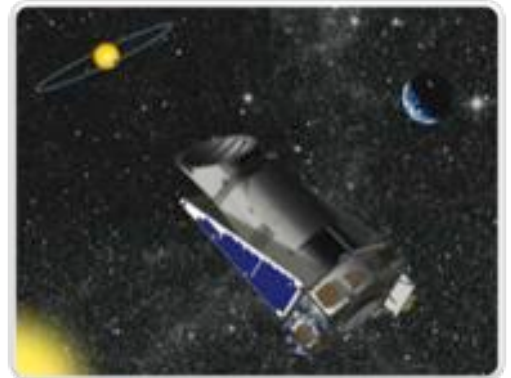
**I vortici** Esperimento qualitativo che permette di visualizzare il confronto tra corpi rigidi e fluidi in rotazione.



## Struttura della visita-laboratorio

Si utilizzano gli exhibit e le postazioni interattive di INFINI.TO per effettuare esperimenti laboratoriali di meccanica, sia a livello quantitativo sia qualitativo.

Durante la visita-laboratorio presso Infini.to si assiste allo spettacolo in planetario "Oltre il Sistema Solare: alla ricerca di nuovi mondi e forme di vita nell'Universo" che affronta la tematica della ricerca dei pianeti extrasolari e in cui si fa cenno a come le leggi della meccanica trovano applicazione e diventano strumento per scoprire corpi in orbita intorno ad altre stelle.



### Lo spettacolo in planetario

Oltre il Sistema Solare:  
alla ricerca di nuovi  
mondi e forme di vita  
nell'Universo

La ricerca dei pianeti extrasolari rappresenta la ricerca di vita extraterrestre, dalla forma semplice a quella complessa ed evoluta per rispondere alla domanda: siamo soli nell'Universo?

## Metodologia

L'approccio al museo e agli esperimenti proposti è di tipo sperimentale: osservazione del fenomeno, formulazione di ipotesi e verifica finale, in modo mai frontale ma interattivo e partecipativo da parte dei soggetti coinvolti.



E' previsto, a conclusione dell'attività, in classe, un questionario di valutazione per gli studenti. Si veda scheda allegata.

## Ruoli e attività'

Gli allievi seguono la proiezione, eseguono i singoli esperimenti ed effettuano, dove occorre, le misure quantitative.

Il docente curricolare prepara la visita facendo un breve ripasso dei concetti e delle leggi necessarie alla realizzazione degli esperimenti nei giorni precedenti alla visita.

Il tutor segue gli studenti durante gli esperimenti sottolineando i collegamenti tra le leggi di meccanica studiate e la loro applicazione astrofisica nell'Universo.

# Lo specchio sulla Luna

## Ripercorriamo uno storico esperimento l' LLRE ovvero **Lunar Laser Ranging Experiment.**

Il Lunar Laser Ranging experiment è un esperimento finalizzato a calcolare e monitorare la distanza tra la Terra e la Luna.

Si basa sulla presenza sul suolo lunare di un'apparecchiatura catarifrangente, cioè di uno specchio in grado di riflettere la sorgente luminosa lungo la stessa direzione di provenienza. Diversi riflettori catarifrangenti furono posizionati sulla Luna durante le missioni Apollo.

Da Terra viene inviato verso la Luna un segnale laser altamente monocromatico. Misurando il tempo tra l'invio del segnale e il suo ritorno si ottiene la distanza del nostro pianeta dal suo satellite naturale.

$$d = \frac{c \cdot t}{2}$$

dove d è la distanza Terra-Luna, c è la velocità della luce, t è il tempo misurato

Tale grandezza è stata calcolata nel corso di più di 35 anni in modo sempre più accurato. La distanza tra la Terra e la Luna cambia in continuazione a causa di molteplici fattori. Attualmente il valore medio è circa 384400 km.

### Curiosità

Il primo uomo che calcolò la distanza Terra-Luna fu Ipparco, astronomo e matematico greco del II



« Qui, uomini dal pianeta Terra posero piede sulla Luna per la prima volta, Luglio 1969 d.C. Siamo venuti in pace, per tutta l'umanità. »

sec. a.C. Egli utilizzò il metodo della parallasse e osservò la posizione della Luna rispetto alle stelle fisse da due posizioni differenti sulla Terra durante un'eclissi. In questo modo calcolò una distanza Terra-Luna tra i 62 e i 73 raggi terrestri. Oggi sappiamo che non si sbagliò di molto, 384400 km sono infatti circa 60 raggi della Terra.

### Misuriamo

tempi	tempo in sec
t <sub>1</sub>	
t <sub>2</sub>	
t <sub>3</sub>	
t <sub>4</sub>	
t <sub>5</sub>	
t <sub>6</sub>	
t <sub>7</sub>	
t <sub>8</sub>	
t <sub>9</sub>	
t <sub>10</sub>	

### Calcoliamo il tempo medio

$$t = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n}$$

### troviamo la distanza Terra-Luna

$$d = \frac{c \cdot t}{2} = \dots\dots\dots$$

# Il salto sulla Luna

## I retroscena di un exhibit

La legge della gravitazione universale dice che:

due particelle qualsiasi dell'Universo si attraggono con una forza proporzionale al prodotto delle loro masse e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza:

$$F = GmM/r^2$$

dove  $G$  è la costante di gravitazione universale,  $m$  e  $M$  sono le due masse e  $r$  è la loro distanza.

A causa di questa forza i corpi sul nostro pianeta tendono a cadere sulla superficie terrestre, i pianeti rimangono in orbita intorno al Sole o ancora i buchi neri attraggono materia ed energia e quindi anche la luce senza così poter essere "visti".

La massa della Luna è circa un centesimo di quella della Terra, mentre il suo raggio è circa un quarto. Applicando la formula della forza gravitazionale otteniamo che sulla superficie lunare essa sia circa  $1/6$  di quella terrestre.

$$a = 1/6 g$$

Per riprodurre la forza di gravità presente sulla Luna, la stessa che hanno sperimentato numerosi astronauti durante le missioni Apollo, si utilizza un piano inclinato.

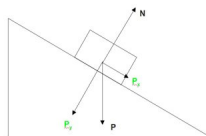
Il sistema fisico del piano inclinato, assumendo la semplificazione dell'assenza di attrito, prevede la seguente composizione delle forze:

$$P + N = ma$$

dove  $P$  è la forza peso,  $N$  è la forza normale del piano,  $m$  è la massa del corpo e  $a$  l'accelerazione del moto.

Scomponendo il sistema di forze nelle due componenti  $x$  e  $y$ :

$$\begin{cases} mg \cos \vartheta - N = 0 \\ mg \sin \vartheta = ma \end{cases} \quad \begin{cases} N = mg \cos \vartheta \\ a = g \sin \vartheta \end{cases}$$



Se vogliamo che l'accelerazione del corpo sia  $a = 1/6 g$  (cioè un sesto di quella gravitazionale pari a  $9,8 \text{ m/s}^2$ ), quanto deve essere l'angolo di inclinazione del piano?



## Smascheriamo un exhibit

La postazione "Il salto sulla Luna" è costituita da un piano inclinato.

Quanto misura l'inclinazione del piano?

Proviamo con un goniometro o con qualche piccolo artificio matematico e una rotella metrica.

L'angolo misurato è.....

Si tratta dell'angolo che ci si aspettava?

Esercizio facoltativo

Immaginiamo di voler riprodurre la forza gravitazionale di Marte con un altro metodo. Utilizziamo per esempio un sistema con una carrucola.

Come dovremmo progettare il nuovo exhibit?

# Le rotazioni

Dietro a un sistema di corpi rigidi in rotazione c'è la conservazione del momento angolare. Quali esempi troviamo in astronomia?



Per un sistema in rotazione, in fisica, vale il principio di conservazione del momento angolare secondo il quale:

se il momento risultante delle forze esterne su un sistema è nullo, il momento angolare totale del sistema rimane costante.

Il momento angolare indica, grosso modo, la tendenza di un corpo in moto circolare a persistere nel suo moto. Dipende dalla massa del corpo, dalla velocità angolare e dal raggio.

$$L = r \times mv$$

La sua conservazione implica che se variamo il raggio, la velocità aumenta.

Tale legge regola un'ampia varietà di processi fisici, dal mondo subatomico al moto di acrobati, pattinatori, danzatori ad alcuni fenomeni astronomici.

## Le pulsar

La maggior parte delle stelle ruota. Il Sole, per esempio, compie un giro attorno al suo asse in circa un giorno. In realtà essendo composto di gas le regioni equatoriali ruotano in 26 giorni mentre le zone polari sono più lente e ruotano in 37.

Le pulsar sono delle stelle nella fase finale della loro vita. Inizialmente erano stelle che, come il

Sole, ruotavano lentamente intorno al loro asse. Poi a causa dell'esaurirsi del combustibile la forza gravitazionale ha avuto il sopravvento rispetto alla pressione di radiazione e la massa della stella si è concentrata entro un raggio molto più piccolo.

A questo cambiamento di raggio corrisponde un aumento della velocità di rotazione, proprio seguendo il principio di conservazione del momento angolare.

Alcune pulsar ruotano compiendo un giro su loro stesse ogni secondo, alcune addirittura anche centinaia o migliaia di giri al secondo.

La pulsar emette soltanto dalle zone polari a causa dell'intensissimo campo magnetico che le circonda, l'effetto è di produrre un caratteristico segnale pulsato rendendole simili a fari cosmici.

## I pianeti

Il Sistema Solare si è formato a partire da una nube protoplanetaria. Assimiliamo questa nube ad un corpo rigido. Nel caso che esista solo la forza di gravitazione e non esistano forze esterne, cioè che la nube protoplanetaria sia "isolata", vale la legge di conservazione del momento angolare.

Il momento angolare originario della nube si mantiene costante e si ripartisce nei momenti di rotazione dei pianeti attorno al proprio asse, di rivoluzione dei pianeti attorno al Sole ed anche nel momento di rotazione del Sole attorno al proprio asse.

Una questione interessante è proprio legata al momento di rotazione del Sole.

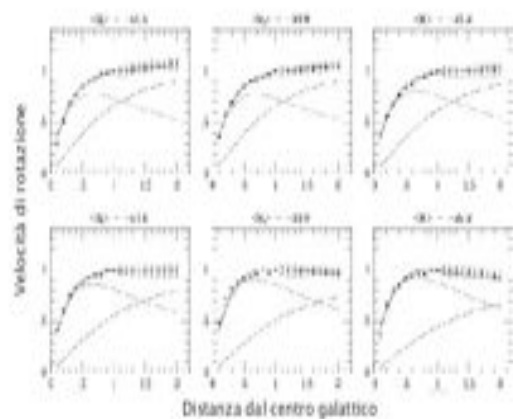
Poiché esso costituisce circa il 99% della massa del Sistema Solare dovrebbe anche possedere la maggior parte del momento angolare del sistema planetario. Non è così. Ne possiede soltanto il 2% circa.

La spiegazione probabilmente sta in un forte campo magnetico generato dal vento solare che ha agito come un grande freno. Il Sole inizialmente doveva ruotare molto in fretta, ma dopo 4.6 miliardi di anni il campo magnetico lo ha frenato efficacemente, e oggi impiega quasi un mese a compiere una rotazione attorno al proprio asse.

**Le galassie e il mistero della materia oscura.**

La rotazione della nostra galassia deriva dalla rotazione iniziale della materia da cui si è formata. Osservando le curve di velocità (i grafici che esprimono la velocità delle stelle in funzione della loro distanza dal centro galattico) notiamo che le osservazioni sperimentali disattendono le aspettative. Nella parte del disco, dove ci si aspetterebbe l'andamento predetto dalla conservazione del momento angolare (una diminuzione come  $1/r^{1/2}$ ), le velocità in realtà rimangono pressoché costanti. La discrepanza tra i valori

attesi e quelli misurati suggerisce la presenza di materia invisibile o materia oscura, non considerata nel calcolo teorico.



**Una ruota della bicicletta**

Proviamo a metterci sulla piattaforma rotante con una ruota della bicicletta. Facciamo ruotare velocemente la ruota. Se proviamo a inclinarla cosa succede?

# I vortici

## Un confronto di sistemi in rotazione

Un sistema composto da un fluido in rotazione evidenzia degli effetti complessi.

Osservando attentamente un disco di fluido, ad esempio acqua e sapone, messo in rotazione rispetto a un asse passante per il centro e perpendicolare al piano del disco si evidenzia che:

la parte più esterna ruota con una velocità lineare ...

la parte più interna ruota con una velocità lineare ...

Questo sistema si differenzia notevolmente da quello di un corpo rigido in rotazione. Molteplici sono i fattori da imputare a queste diversità. Un aspetto fondamentale è la viscosità e cioè la presenza di attrito che rende le parti più veloci mentre quelle più vicine al centro di rotazione più lente se non addirittura in quiete.

Questo tipo di fenomeno è alla base della formazione dei cicloni e dei vortici turbolenti nelle atmosfere dei pianeti.



## La macchia rossa

Su Giove, per esempio, esiste da centinaia di anni un enorme vortice detto la grande macchia rossa. E' nota da più di 300 anni, da quando è stata osservata con i primi telescopi e ancora oggi questo gigantesco ciclone, grande quanto quattro Terre messe in fila, anima la superficie del pianeta.



## Proposta di verifica

1 – Spiega come è stata calcolata la distanza Terra – Luna. Calcola il valore trovato con i dati sperimentali analizzando gli errori accidentali e sistematici commessi.

2 – Sapendo che la massa del pianeta Marte è di  $6,4185 \times 10^{23}$  kg e il suo raggio  $3,386 \times 10^6$  m, calcola quanto dovrebbe essere l'inclinazione del piano per simulare il "salto su Marte" con un esperimento analogo a quello del "salto sulla Luna".

3 – Come potresti progettare un altro esperimento per simulare, sulla Terra, un' accelerazione di gravità inferiore a  $g$ ?

4 – Spiega la ragione per cui la piattaforma rotante si è messa in movimento quando hai inclinato la ruota di bicicletta in rotazione.