**GEOFISICA**

**Il tappeto spazio-tempo/ Relatività**

**Materiale**

* Telo elastico
* Pinze
* Biglie
* Peso di circa 2kg
* 8 sedie
* Tubo di plastica su cui montare il tappeto

**Corrente Elettrica:** no

**Acqua:** no

**Costruzione e realizzazione**

Disporre in cerchio le sedie, sistemare lungo il perimetro il tubo di plastica. Fissare il telo al tubo tramite le pinze. Porre al centro del telo il peso.

**Concetti fisici da trasmettere**

* Concetto di curvatura dello spazio-tempo

**Spiegazione dell’esperimento**

La relatività generale spiega la natura della forza di attrazione gravitazionale.

Secondo questa teoria i corpi massivi modificano la geometria dello spazio (inteso

come spazio e tempo) circostante che, quindi, si curva. I corpi celesti che, secondo la

gravitazione di Newton, sono attratti da corpi di massa più elevata, seguono in realtà

le curve di minima distanza che, per uno spazio non piatto prendono il nome di geodetiche. Per

uno spazio piatto la curva di minima distanza che unisce due punti è la retta. Senza il

sole, infatti, i pianeti si muoverebbero di moto rettilineo uniforme (fino ad incontrare altri

oggetti massivi). Per la presenza del sole, invece, le orbite dei pianeti sono ellittiche.

Con l'esperimento del telo si può visualizzare parzialmente questo concetto: ponendo

un peso al centro del telo e lanciando delle biglie si vedono le orbite. In particolare, lanciando contemporaneamente due biglie (una più piccola che rappresenti la luna, una più grande che rappresenti la terra) si riesce a simulare il moto orbitale del satellite intorno alla terra e contemporaneamente intorno al sole.

L'analogia tra il telo e il caso reale non è però completa: un corpo massivo modifica infatti TUTTA la geometria, quindi lo spazio tridimensionale e anche il tempo (sul telo si vede solo la

curvatura di uno spazio bidimensionale senza tempo).

Con questa teoria si sono spiegati molti fenomeni come il lensing gravitazionale e i

buchi neri. In questi due fenomeni si osserva come anche la traiettoria della luce

venga deviata in presenza di un campo gravitazionale. Per i buchi neri il campo

gravitazionale è talmente forte che la luce "cade" sul corpo non riuscendo più ad

uscire dalla "buca gravitazionale" da esso creata; da qui la loro denominazione di

buchi "neri".

**Suggerimenti per la presentazione**

1. Assicurarsi che il telo sia abbastanza teso.
2. Utilizzare un peso massimo di 3kg in modo tale che il telo non risulti eccessivamente teso. In tal caso le biglie potrebbero incontrare come ostacolo le sedie posizionate sotto il telo e l’esperimento fallirebbe.
3. Inizialmente conviene spiegare al pubblico quale traiettoria seguirebbe un pianete se non ci fosse il sole (il peso). Quindi disporre il peso al centro del telo successivamente.
4. L’informazione circa le curve di minima distanza (geodetiche) è una informazione talvolta troppo dettagliata che rischia di confondere il pubblico (lo stesso vale anche per il lensing gravitazionale e i buchi neri). Maggiore è l’interesse del pubblico e più dettagliate sono le informazioni che si possono dare.
5. Una delle tipiche domande che si potrebbe rivolgere al pubblico riguarda il motivo per cui nella realtà i pianeti non collassano sul sole a differenza di ciò che viene proposto nell’esperimento.

**Il sistema solare**

**Materiale**

* Cartellone con le orbite
* Supporto di legno/ polistirolo
* Pianeti
* Bastoncini di legno

**Corrente Elettrica:** no

**Acqua:** no

**Costruzione e realizzazione**

Disporre il cartellone con le orbite su un apposito supporto e sistemare i pianeti (in ordine di distanza dal sole) mediante i bastoncini di legno da inserire nei fori già presenti sul cartellone.

**Concetti fisici da trasmettere**

* Ipotesi sulla nascita e conseguente formazione del sistema solare
* Caratteristiche dei vari pianeti

**Spiegazione dell’esperimento**

Il sistema solare è un sistema planetario nato 4,5 miliardi di anni fa, costituito da 8

pianeti ed altri corpi celesti (asteroidi, meteore, comete, gas, pianeti nani, polvere

interplanetaria etc) che orbitano intorno ad una stella, il Sole.

Gli 8 pianeti, in ordine di distanza dal sole sono: Mercurio, Venere, Terra, Marte, Giove,

Saturno, Urano, Nettuno. Tra Marte e Giove è inoltre presente una fascia di asteroidi,

numerosi corpi di forma irregolare e pianeti nani. Tali masse avrebbero potuto formare

un nono pianeta se non fosse stato per la presenza di Giove che, con la sua massa, ha

interferito impedendone la formazione.

Come è nato il sistema solare?

Il Sole è nato dal collasso di una nebulosa (agglomerato di polvere, idrogeno, elio,

materiale interstellare). Secondo le ipotesi più accreditate questa nebulosa proviene

dall'esplosione di una stella più "anziana" del nostro Sole. Tale ipotesi è basata

sull'osservazione, nello spettro delle righe di emissione del sole, di elementi pesanti

come il ferro, non presenti in stelle di prima generazione (composte principalmente da

idrogeno) e dalla presenza, sui pianeti, di elementi pesanti come l'uranio.

La "polvere" rimanente ha formato i pianeti. I pianeti rimangono nel sistema solare per

la forza gravitazionale (GMm/r^2) esercitata su questi dal Sole. Il moto dei pianeti

segue le tre leggi di Keplero: ogni pianeta descrive orbite ellittiche, il rapporto tra il

quadrato del periodo di rivoluzione e il cubo dell'asse (medio) dell'ellissi è costante (e

la costante dipende dalla massa del sole), il raggio vettore che unisce il centro del sole

al centro del pianeta spazza aree uguali in tempi uguali.

Pianeta: Un pianeta è un corpo celeste che orbita intorno ad una stella, ha una massa

abbastanza elevata da generare un campo gravitazionale tale da conferirgli una forma

arrotondata ed ha eliminato ogni ostacolo dalla propria orbita. PLUTONE è stato

declassato e non considerato più un pianeta perchè furono scoperti degli oggetti delle

dimensioni simili a Plutone vicini alla sua orbita (Eris era più grande di Pluton stesso) .

MERCURIO. Gira molto lentamente e questo fa si che la sua parte illuminata sia

caldissima (600K) e la parte non illuminata freddissima (60K). Il giorno di mercurio

dura 176 giorni terresti e un suo giorno dura due anni mercuriani (un anno mercuriano

è fatto da 88 giorni terrestri). La sua orbita presenta delle irregolarità che furono

spiegate solo con la relatività generale di Einstein nel 1916. Pianeta roccioso.

VENERE. E' l'oggetto più luminoso dopo la Luna. Ha un'atmosfera di anidride carbonica

(principalmente) molto densa (pressione in superficie di circa 92 atm) e questo fa di

venere il pianeta più caldo del sistema solare (770 K). Ha una massa simile alla Terra.

Pianeta roccioso ricoperto da una nube di acido solforico che non permette

l'osservazione della sua superficie. Il pianeta è Venere, la cui rotazione è retrograda

(avviene cioè in senso contrario rispetto a quello degli altri pianeti) e anche molto

lenta: un giorno dura circa 243 giorni terrestri. Siccome il pianeta impiega 225 giorni

terresti per compiere un'intera rivoluzione attorno al Sole, si può dire che su Venere il

giorno è più lungo dell'anno.

TERRA. E' distante 8 minuti luce (1UA=150 milioni km) dal Sole.

Atmosfera principalmente azoto.

MARTE. Si chiama pianeta rosso per la grande quantità di ossido di ferro presente sulla

sua superficie (è un pianeta arrugginito!). La sua atmosfera è rarefatta e questo lo

rende un pianeta freddo (-140°C;20°C). La durata del giorno è simile a quello della

terra. Forse in passato c'era acqua (sono stati trovati canyon). Su Marte c'è il monte

Olimpo, monte più alto del sistema solare (27km).

GIOVE. E' il più grande pianeta del sistema solare e la sua volta è circa 2,5 volte la

somma delle masse di tutti i pianeti del sistema solare. Principalmente gassoso ,

probabilmente ha un nucleo roccioso solido (ma non è sicuro). Emette una quantità di

energia superiore a quella che riceva dal sole. E' presente in superficie una macchia

rossa (che è lì da almeno 300 anni) che è una vasta tempesta anticiclonica, la più

grande del sistema solare. Giove pulisce il sistema solare dai piccoli asteroidi. Ha 67

satelliti, gli unici sferici sono in ordine di grandezza Ganimede, Callisto, Io, Europa. Per

la presenza di questi 4 satelliti, visibili dalla terra con un telescopio, Galileo capì che

non tutto orbita intorno alla Terra, avvalorando le tesi di Copernico.

SATURNO. E' principalmente gassoso (98% gas) e ha un nucleo di silicati e ghiacci

circondato . Ha 7 fasce di anelli, costituiti da particelle di ghiacci e silicati. Ha 60 lune

(tra cui Titano e Encelado, dove forse c'è acqua). E' il pianeta meno denso del sistema

solare.

URANO. Primo pianeta ad essere scoperto tramite un telescopio (fino a saturno i

pianeti erano conosciuti da millenni). Lui e nettuno vengono chiamati giganti

ghiacciati. Formato da idrogeno ed elio. Atmosfera più fredda del sistema solare (-

224°C). Nucleo solido piccolo, mantello ghiacciato e gas. Non possiede una superficie

solida definita. L'asse di rotazione è inclinata (è nel piano dell'orbita) e rotola

mantenendo uno dei suoi poli sempre rivolto verso il sole. Il periodo di rivoluzione

intorno al sole è 84 anni. Anche lui ha degli anelli. Dopo Saturno è il pianeta meno

denso.

NETTUNO. Fu trovato tramite calcoli matematici sull'orbita di urano. Composizione

simile a quella di urano. Tracce di metano gli danno il colore blu/azzurro intenso. Ha i

venti più forti del sistema solare (2100km/h, sulla terra i peggiori cicloni sono di

400km/h). Un anno nettuniano dura 165 anni terrestri.

PLUTONE. Non è un pianeta bensì un pianeta nano. E' quello che ci mette di più a

girare intorno al sole (248 anni terrestri). Scoperto nel 1930. Ha un'orbita inclinata di

17 gradi rispetto al piano dell'eclittica. Ci sono varie ipotesi riguardo le ragioni di

quest'inclinazione; una di queste è che Plutone in precedenza fosse un satellite di

Nettuno che, in seguito all'impatto con un asteroide, venne allontanato dal suo

pianeta. Plutone gira sulla propria orbita in modo retrogrado rispetto agli altri pianeti.

**La Terra**

**Materiale**

* Modellino della terra

**Corrente Elettrica:** no

**Acqua:** si

**Costruzione e realizzazione**

All’interno del modellino inserire dell’acqua in corrispondenza del piccolo foro presente (al fine di spiegare la differenza tra nucleo interno e nucleo esterno)

**Concetti fisici da trasmettere**

* Stratificazione terrestre scoperta tramite lo studio dei terremoti
* Campo magnetico terrestre

**Spiegazione dell’esperimento**

Si è provata la stratificazione della terra osservando che le onde sismiche al suo

interno si propagano con velocità variabile, accelerano spostandosi verso l'interno

talvolta con repentini cambiamenti.

**Crosta terrestre**. E' lo strato più sottile, (5km crosta oceanica, 35in media crosta

continentale) ed esterno. E' composta da rocce (ossidi di silice, alluminio

principalmente). E' divisa in placche tettoniche con le quali si spiegano i fenomeni

sismici, l'orogenesi (nascita dei rilievi), la deriva dei continenti e il vulcanesimo. Ci

sono in tutto 12 placche (di cui 7 predominanti per grandezza).

**Mantello**. Il nucleo della terra emette calore e questo crea un gradiente di

temperatura nel mantello che, con i moti convettivi, mette in movimento le placche. Il

mantello costituisce l'80% del pianeta. La parte superiore è costituito da rocce in

fusione parziale, quella inferiore è prevalentemente solida (roccia). La temperatura di

circa 500° vicino la crosta e 4000° vicino al nucleo. Il mantello è solido per la pressione

che impedisce la fusione delle rocce (che avverrebbe a 1200° circa). La pressione in

fondo al mantello è di 1,4 milioni di atmosfere.

**Nucleo esterno**. Strato fluido di 2300Km di spessore. Composto da ferro liquido

perchè la pressione non è sufficiente da solidificare la lega di ferro e altri metalli

presenti. Qui si creano le correnti di Eddy dovute al movimento del metallo fuso. E'

possibile che queste correnti generino il campo magnetico terrestre, in particolare le

cariche in movimento (ioni di ferro) generano un campo magnetico che a sua volta fa

muovere le cariche (che alimentano il campo magnetico).

**Nucleo interno**. 1200Km raggio. Fatto di ferro e nichel. Temperatura vicino a quella

della superficie del sole. Scoperto nel 1936 con le onde sismiche. E' solido per la

pressione elevata (nonostante la temperatura elevata). Non si conosce bene la

dinamica, si sa che si raffredda lentamente.

**OSCILLAZIONE DEGLI EDIFICI**

**Materiale**

* **Modellino dei tre edifici**

**Corrente Elettrica:** no

**Acqua:** no

**Costruzione e realizzazione**

**Concetti fisici da trasmettere**

* Concetto di frequenza di risonanza
* Risposta degli edifici alle varie frequenze

**Spiegazione dell’esperimento**

Dal punto di vista delle sollecitazioni meccaniche è utile considerare ogni edificio,

come un sistema meccanico formato da parti massicce, ma virtualmente inelastiche, e

parti di collegamento leggere ed elastiche.

Un modello elastico è un modello lineare, dove cioè la sollecitazione (la forza

applicata) è proporzionale allo spostamento da essa causato. Ogni edificio risulta possedere una frequenza “propria” o “caratteristica” o di “risonanza”, alla quale il sistema è particolarmente vulnerabile. Infatti una forza esterna, anche di moderata intensità, ma della frequenza corretta, e in grado di indurre nel sistema oscillazioni che possono crescere tanto da superare gli sforzi

massimi tollerabili dal sistema stesso, e mandarlo in pezzi. Un sistema reale, come un

edificio, avrà molte frequenze caratteristiche.

Nel nostro esperimento di risonanza di edifici semplificheremo al massimo questo

modello rappresentando ogni edificio come una singola molla di estensione verticale diversa per simulare delle diverse altezze. Quindi ogni

edificio da noi rappresentato avrà una singola frequenza di risonanza a cui sarà

particolarmente sensibile. In prima approssimazione la frequenza di risonanza di un edificio e inversamente proporzionale alla sua altezza.

Palazzo alto frequenza di risonanza bassa

Palazzo basso frequenza di risonanza alta

Facendo oscillare la basetta, in cui abbiamo inserito le molle (i palazzi), alla giusta

frequenza creeremo delle grandi oscillazioni solo in determinate molle e non in altre.

Per mostrare le ampie oscillazioni generate nelle molle alte dovremo oscillare la

basetta con frequenze basse e viceversa per le molle basse.

Bisogna ricordare che lo spettro di frequenza di un terremoto non è piccato su

una singola frequenza caratteristica ma ragionevolmente esso le comprenderà tutte

sebbene, a seconda dei casi, alcune avranno un peso maggiore di altre.

NB una sollecitazione meccanica potrebbe essere anche un vento, un urto, un carico

**Stabilità degli edifici**

**Materiale**

* Modellino di un edificio
* Elastici sottili

**Corrente Elettrica:** no

**Acqua:** no

**Costruzione e realizzazione**

**Concetti fisici da trasmettere**

* Come rendere stabile un edificio
* Ruolo della forza elastica all’interno di un edificio

**Spiegazione dell’esperimento**

Il nostro modello di edificio è caratterizzato da una struttura in legno fatta da diversi

quadrati legati tra loro e posti su una basetta mobile. In condizioni nomali

appena viene mossa la basetta la struttura crolla in quanto non provvista di

sostegni per gli sforzi trasversali. Tali sostegni sono rappresentati dagli elastici che

vanno inseriti sulle diagonali dei quadrati. In questo modo ogni singolo quadrato opporrà una forza elastica (e quindi una resistenza al crollo) anche lungo la direzione

trasversale (cioè lungo la direzione di sollecitazione) e rimarrà in piedi. Nella realtà, come stabilizziamo gli edifici? Le risonanze in genere non sono eliminabili ma è possibile attenuarle. Ciò che si fa nella realtà è studiare la risposta del sistema alle sollecitazioni progettando ad esempio sistemi oscillanti ausiliari da introdurre nell'edificio affinché le sue risonanze alle frequenze critiche vengano opportunamente smorzate. Un esempio di

questa tecnica porta alla costruzione degli smorzatori sismici.

E’ importante notare che gli edifici possono entrare in risonanza anche con altri agenti atmosferici come il vento. Un esempio noto riguarda il Tacoma Bridge, crollato a causa di quest’ultimo dopo pochi mesi dall’apertura nel 1940.

**Vulcano**

**Materiale**

* Modellino del vulcano
* Bicarbonato
* Aceto
* Tempera rossa
* Contenitori di alluminio da utilizzare come base per il vulcano

**Corrente Elettrica:** no

**Acqua:** no

**Costruzione e realizzazione**

Porre all’interno del vulcano aceto e bicarbonato in modo da simulare una eruzione vulcanica.

Aggiungere il colore al fine di simulare la lava.

**Concetti fisici da trasmettere**

* Formazione di un vulcano
* Spiegazione dell’eruzione

**Spiegazione dell’esperimento**

Un vulcano è un punto della Terra in cui si hanno risalita e fuoriuscita di magma e gas, dovuta alla fusione della crosta oceanica che affonda sotto (subduce) quella continentale e incontra il materiale del mantello superiore molto più caldo. NON SOLO!!! I vulcani si hanno anche in zone non di subduzione!!!! Sono causati dalla risalita di materiale del mantello che riesce a farsi strada attraverso la crosta terrestre.

Il vulcano è costituito da camera magmatica, una cavità che si può riempire di lava ed è

comunicante con il mantello, camino principale, che la via principale di fuoriuscita delle lave, e poi possono esserci dei camini secondari. Le sommità dei camini si chiamano bocche.

Il magma proveniente dal mantello superiore, quindi, riempie la camera magmatica facendo aumentare la pressione anche grazie ai gas presenti in esso, fino a che la pressione è tale da permetterne la fuoriuscita attraverso uno dei camini.

La fuoriuscita di magma attraverso la bocca è chiamata eruzione, una volta all'esterno il magma si chiama 'lava'. Abbiamo due tipi di eruzione: effusiva e esplosiva. La prima si ha quando il magma ha poche difficoltà ad uscire dal vulcano, questo capita spesso con magmi molto fluidi che fuoriuscendo creano le caratteristiche colate laviche lungo le pendici del vulcano. Nelle eruzioni esplosive, invece, i magmi incontrano grandi difficoltà (per esempio il camino completamente ostruito da una precedente eruzione, 'tappo') , questo capita con magmi densi e pieni di gas disciolti che risalendo, e trovando pressioni minori, formano bolle sempre più grandi, si forma, così, un accumulo di gas che determina la caratteristica esplosione, con la formazione della nube di fumo, ceneri e polvere, che può raggiungere altezze di svariati km.

I vulcani effusivi sono in genere molto più grandi di quelli eruttivi perché le varie eruzioni fanno accumulare la lava vicino alla sommità facendolo crescere in altezza, e prendendo la caratteristica forma a 'scudo'. Per quanto riguarda i secondi, invece, la bocca (che in genere è il punto più alto) viene in genere distrutta durante l'eruzione e la maggior parte del materiale eiettato è costituito da ceneri e polveri che vengono trasportate lontane dai venti, il vulcano, quindi, cresce lentamente durante le piccole eruzioni mentre le grandi eruzioni possono addirittura distruggerli come è successo in tempi storici per le isole di Santorini in Grecia (1627 a.C.) e di Krakatoa (1883 d.C.).

Questi ultimi hanno la forma a cono.

Esiste anche un altro tipo di vulcani, caratterizzato in epoca piuttosto recente, i supervulcani. Questi sono enormi sistemi vulcanici caratterizzati da un unica camera magmatica che raggiunge dimensioni di decine o centinaia di km a carattere esplosivo. La grandezza della camera magmatica rende molto improbabile un suo svuotamento totale e quindi in genere il comportamento è caratterizzato da piccole eruzioni che formano veri e propri piccoli vulcani in superficie. In superficie quindi è impossibile distinguere un supervulcano da una semplice zona vulcanica, l'unico modo è effettuare un'analisi tomografica per evidenziare l'eventuale presenza della camera magmatica unitaria. I supervulcani comunque possono eruttare totalmente ma con cicli di milioni di

anni e evidenze fossili e geologiche sembrano asserire che alcune di queste eruzioni possono aver causato alcune grandi estinzioni, oppure, come nel caso dell'eruzione del lago Toba in Indonesia che 74000 anni fa circa causò un notevole abbassamento delle temperature (a cause delle polveri che permanendo in atmosfera riflettevano la maggior parte dei raggi solari) che durò diversi anni e portò il genere umano sull'orlo dell'estinzione. Per aver ancora un'idea di quanto questi possano essere

distruttivi, l'ultima grande eruzione dei Campi Flegrei (39000 anni fa) ha causato lo strato

geologico chiamato tufo grigio, che è semplicemente costituito dal materiale eiettato durante l'eruzione e che ricopre buona parte della Campania e che nella zona di Acerra (a 25 km ca.) raggiunge lo spessore di 50 m.

Vulcani effusivi: Etna, Kilauea (Hawaii, USA).

Vulcani eruttivi: Vesuvio, Stromboli, Monte Fuji (Giappone), Kilimangiaro (Kenya).

Supervulcani: Campi Flegrei, Yellowstone (Wyoming, USA), Lago Toba (Indonesia).

**Suggerimenti per la presentazione**

1. Per la prima eruzione è necessaria una abbondante quantità di aceto e bicarbonato.
2. Nelle eruzioni successive le quantità da aggiungere a quelle presenti sono nettamente minori.
3. Superate le dieci eruzioni è conveniente svuotare la parte superiore del vulcano per una migliore riuscita dell’esperimento.