

Onde gravitazionali base

Contenuto:

- 1) farsi un'idea di che cosa sia lo spazio
- 2) farsi un'idea di che cosa sia il tempo
- 3) lo spaziotempo è deformabile
- 4) la deformazione si propaga come un'onda

Materiale occorrente:

- . Pc, proiettore, slides e video predisposti
- . mascherina
- . spaghetti
- . nastro carta adesivo
- . scaletta
- . barba bianca
- . modello astronave MF
- . orologi con lancette di cartone
- . camice da laboratorio
- . 2 metronomi
- . 2 telo elastico quadrettato
- . tappeto elastico
- . palle di vario peso
- . modello spaziotempo in polistirolo
- . bacinella
- . galleggianti in polistirolo
- . forchetta con due palline agli estremi

Introduzione con due slide e colonna sonora: *oggi anche noi vogliamo farvi salire sulla Millennium Falcon e portarvi in giro per lo spazio per una splendida avventura, almeno speriamo...*

Pronti quindi a partire per un viaggio nello spazio?

1) lo spazio

- **Chiedere** a qualche ragazzo: *Eh, ma si fa presto a dire "spazio"...tu sai dire dove ti trovi?...Ascoltare* le loro risposte.
- **Prendere un volontario, fargli chiudere gli occhi e mettergli la mascherina, spostarlo a caso per tutta l'aula e poi porgli domande tipo:** *e ora sapresti dire dove ti trovi? Sapresti ritornare alla posizione iniziale, prima che ti fossi spostato al buio? Quindi secondo te, è più o meno facile ora orientarsi?*
- **Togliere la mascherina e fargli aprire gli occhi:** *ora sai dire dove sei? è più facile? Sapresti ora tornare alla posizione iniziale? Perché?...punti di riferimento*
- *Noi occupiamo uno spazio? E tu quale spazio occupi?* Focalizzare l'attenzione sulle tre dimensioni:

- Se ci fosse 1 sola dimensione, come ti muoveresti?... **mostrare uno spaghetti di pasta:** quante dimensioni ha uno spaghetti? Ma allora se noi avessimo una sola dimensione...ci muoveremmo solo su uno spaghetti
- E se ci fossero 2 sole dimensioni, come ti muoveresti? Per esempio, cosa ha due dimensioni?...Il pavimento! Quindi noi ci muoveremmo incollati a terra sul pavimento! **far strisciare sdraiato in terra un ragazzo (o guida)**
- E con 3 dimensioni? **Farlo alzare da terra e chiedere:** è questo allora lo spazio in cui noi viviamo? Siamo convinti?...Uhhmm...mah...vedremo...

Quindi, proviamo a riassumere:

1. **Proiettare la slide completamente nera**, in cui non ci sono punti di riferimento: dove si trova Paolina ora? (posizione iniziale) E ora? (posizione finale)

È difficile indicare la posizione in uno spazio completamente omogeneo (tutto uguale, tipo un omogeneizzato), proprio come prima per voi mentre avevate gli occhi chiusi.

2. **Slide con uno sfondo di stelle:** dove si trova Paolina ora? (posizione iniziale) E ora? (posizione finale) È più facile? Perché?

La posizione nello spazio si comprende meglio quando ci sono elementi a cui riferirsi (Paolina si trova vicino alla stella rossa, per esempio)

3. **Slide con una griglia sovrapposta:** dove si trova Paolina ora? (posizione iniziale) E ora? (posizione finale) È più facile?

Cosa vi ricorda questa griglia?...Ascoltiamo le loro risposte, battaglia navale...Giusto: la posizione nello spazio si definisce attraverso un sistema di coordinate, come nella battaglia navale. Paolina si trova, per esempio, nella casella... Anche noi abbiamo riprodotto in questa aula una griglia simile, ma in tre dimensioni...**far vedere i tre spigoli con la quadrettatura.**

Discussione con i visitatori:

Allora, abbiamo capito che cosa è lo spazio? ...Il contenitore che ci circonda.

Si fa alzare un bambino: sai ora qual è lo spazio che occupi?

Si fa camminare un bambino:

- E ora, qual è lo spazio che occupi?
- È lo stesso di prima?
- Che cosa è successo allo spazio che occupavi prima?

Bene, chi di voi è pronto per un viaggio nello spazio? **A una coppia di astronauti volontari l'ESA dà un foglio con indicazioni sulla posizione da assumere nello spazio (es. 2,3,2)... e come faccio con la coordinata z 2?...nessun problema, abbiamo una scaletta!**

Prima a uno e poi all'altro astronauta.

Dovete raggiungere la Millennium Falcon che si trova ... indicare l'altro punto della griglia.
NON dare istruzioni su quando partire per raggiungere l'astronave in modo che uno parta prima e uno dopo....

Ragazzi, mi sa che abbiamo qualche problema...qualche problema con... il tempo

- *E' sufficiente conoscere le tre coordinate per definire in modo accurato il tuo stato?*

Mettere un ragazzo in una posizione (x,y,z), chiedere qual è il tuo stato?, aspettare qualche minuto divagando e poi rifare la stessa domanda...sei esattamente nelle stesse coordinate di prima? ...mettere una barba bianca al ragazzo ...cosa è cambiato?...il TEMPO!

- *Quindi è importante conoscere non solo DOVE?, ma anche QUANDO? cioè è importante e necessario arrivare al punto giusto nel momento giusto!*

Far fare degli esempi...biglietto invito per la festa di compleanno: ci vediamo...dove e quando, a casa di ...il giorno...all'ora...

2) il tempo

- *Secondo voi cosa è il tempo?... come lo misuriamo? Ascoltiamo le loro risposte*

Agli astronauti viene quindi consegnato una nuova quaterna di coordinate (x, y, z, t), spieghiamo che la quarta coordinata è il tempo, e un orologio ciascuno. Ricordarsi di mettere gli astronauti sulla scaletta.

Si sincronizzano gli orologi degli astronauti e del pubblico, prima di partire.

Adesso allora siamo pronti a partire, vero?

Risponderanno sì, a questo punto **entra una guida travestita da scienziato** (camice da laboratorio) e dice con voce stentorea e teatrale:

NOOOO non siamo pronti a partire!!! Non sapete che il tempo non scorre sempre uguale?

*Il tempo scorre in modo diverso per voi astronauti rispetto a voi che rimanete a terra! E sapete perché? ...Perché voi astronauti siete più in alto dei vostri amici che rimangono a terra e il tempo **SCORRE PIU' LENTAMENTE IN BASSO RISPETTO A QUANTO SCORRA IN ALTO!!***

E posiziona due metronomi che si muovono con ritmi diversi (lento in basso, veloce in alto).

Ma ci credete davvero? I visitatori diranno di no.

E invece è vero! Attenzione, non è come quando hai mal di pancia di notte e ti sembra che il tempo non passi mai o invece quando sei troppo felice e ti sembra che il tempo voli via in un attimo. Stiamo parlando di misure, di qualcosa che è quantificabile, non soggettivo. Se

*potremmo comprarci quegli orologi molto sofisticati che tra l'altro si producono vicino a noi, a Busto Arsizio, potremmo misurare i due tempi diversi. E' difficile da accettare, ma gli **esperimenti** ci dicono che è così, ci forniscono la **prova** che è così. Tutte le nuove scoperte e le nuove teorie all'inizio suscitano sempre un po' di diffidenza, pensate a quando si credeva che la Terra fosse piatta, oggi chi dubita che la Terra sia rotonda? E quando si credeva ancora che il Sole girasse intorno alla Terra, oggi chi dubita che la Terra giri intorno al Sole? Eppure noi nella nostra vita quotidiana siamo in grado di accorgercene?.....No, lo crediamo per gli **esperimenti** che sono stati fatti: chi di voi ne sa citare qualcuno?...es. le missioni spaziali*
Quindi il tempo scorre in modo diverso a seconda che ci si trovi in alto o in basso.

*Proviamo a giocare un po' per digerire questa stranezza. Con 2 metronomi **scandire i due tempi uno più lentamente, uno più velocemente**; quindi abbiamo più/meno tempo per fare una telefonata, fare i compiti...meglio in pianura, in basso, o in montagna, in alto?*

Ma non è finita qui!

Uno fermo scandisce il tempo di un metronomo, uno che gli gira intorno un altro ritmo diverso, più lento.

Cosa osservate?...quindi non solo la posizione alto/basso cambia lo scorrere del tempo, ma anche il moto.

((Farlo fare a più ragazzi con velocità e posizione diverse, un po' di confusione...))

Ma siamo proprio sicuri di sapere chi è in alto e chi è in basso? Chi è fermo e chi si muove?...

Condurre i ragazzi nel ragionamento, per es chi è al polo nord o chi è al polo sud con la testa in basso, treno con passeggero fermo sul treno in moto che vede l'osservatore a terra muoversi e invece per l'osservatore a terra è il passeggero sul treno che si muove.

Chi ha ragione? Quale conclusione possiamo allora trarre?....Tutti hanno ragione, non ci sono sistemi di riferimento assoluti e ognuno batte il proprio tempo!!!

E dove ti sei mosso?.... nello spazio, giusto, ma intanto il tempo è trascorso...e se stai fermo? il tempo intanto passa.

Allora possiamo dire che ci muoviamo nello spazio e nel tempo?

Allora noi siamo nello spaziotempo!

3) lo spaziotempo

Quindi l'ambiente in cui noi siamo immersi è lo spaziotempo. Prima del Big Bang non esisteva nulla, non c'era il Sole, non c'erano le stelle...ma neanche lo spaziotempo; oggi che l'Universo si sta espandendo, lo spaziotempo si estende con esso.(slide palloncino che si dilata)

*Proviamo a pensare al vostro materasso e proviamo a immaginare di metterci sopra ...un elefante! E proviamo a prendere una pallina e a farla rotolare (tipo bowling) da un angolo del materasso. Cosa succede?... La pallina rotola verso l'elefante perché ...intorno a lui il materasso si infossa. **Far fare la stessa cosa da un ragazzo che simula l'elefante sul tappeto elastico.***

Proviamo ora a pensare che al posto dell'elefante ci sia il Sole e che il materasso diventi invisibile ai nostri occhi e lanciamo ancora la pallina. Cosa vedremmo? Che la pallina cade verso il Sole.

Questo è la gravità, una curvatura dello spaziotempo, non una forza.

Non si vede, ma c'è (lascio cadere oggetto, non riesco a vederla, ma c'è)

Prendere il modello spaziotempo in polistirolo e aprirlo per mostrare una sezione.

Questo è un modello dell'ambiente in cui noi viviamo, lo apriamo e lo vediamo in sezione. Lo spaziotempo si può deformare, un po' come il polistirolo e la buca che ha lasciato la massa rotonda che era presente prima (elefante). Quante dimensioni ha?...4 perché c'è anche il tempo, anche se non riesco a visualizzarlo.

Prendere poi il modello di spaziotempo telo con quadrettatura.

Cosa è questo...vedete che ci sono disegnate sopra delle rette.

Adesso prendiamo queste palline che hanno massa diversa e le mettiamo sopra, cosa succede? Cosa fa quella con una massa maggiore? (aumenta la buca)

Proviamo a lanciare diritto le palline, cosa vedete? (lanciarle con una velocità tangenziale in modo da farle orbitare)

Questo moto cosa vi ricorda? (Pianeti e Sole)

E se invece lasciamo scivolare una pallina sul telo? ... Cade addosso alla massa maggiore, come i corpi sulla Terra (elefante).

*E la luce? Anche la luce cade nella buca? Come si muove la luce? (Slide con lampadina e 2 traiettorie) Segue sempre il percorso minore. Proviamo anche noi. **Prendere il telo a mano, far percorrere lo spazio minore per raggiungere ad esempio la Millennium Falcon, anche facendo attraversare un avvallamento:***

ci entri o giri attorno? Ci giri attorno.

Quindi se la buca è profonda, anche la luce aggira il corpo.

Far vedere slide Eddington per eclissi, solo per i più grandi (gif 1 e 2 light e modifica fascio di luce cometa)

Prendere il telo e il tappeto elastico per far vedere la differenza. *Adesso proviamo a rifare la stessa cosa con il tappeto elastico, con le palline e con uno di voi o una guida (ben "massiccio", ma che non superi 70 kg!).*

Cosa vedete? Come cambia la deformazione di questo tappeto rispetto al modello precedente?

...Mettere masse sempre più grandi sul primo sul telo e poi sul tappeto elastico per vedere la differenza. Il tappeto elastico si deforma solo in presenza di corpi molto "massicci", con una grande massa, una grande densità. Lo spaziotempo è un po' così, si deforma in presenza di corpi che hanno una massa molto molto grande.

(Far muovere palline sul telo e osservare le orbite).

4) propagazione OG

Prendere il telo: Adesso percuotiamo (con impulsi regolari) il telo (NON il tappeto elastico), cosa vediamo?Si producono delle onde che si propagano per tutto il telo.

Con la bacinella d'acqua con il galleggiante dentro: Adesso proviamo a riprodurle in acqua: prendiamo una bacinella con dell'acqua, questa forchetta con due palline agli estremi, mettiamo un galleggiante in acqua e facciamo ruotare le due palline. Cosa vedete? ...le onde prodotte e il galleggiante che....oscilla.

Immaginiamo l'oceano con una barca che va su e giù con sopra degli oggetti ... che oscillano su e giù insieme alla barca: l'oceano è come l'Universo, i pianeti e le stelle sono la barca e gli oggetti.

Anche se non possiamo percepirle ci sono delle onde che fanno muovere la Terra su e giù.

Mostrare video 3 della terra investita da un'onda gravitazionale.

Chiedere:

Secondo voi, da cosa sono causate queste onde?

Quali corpi producono onde rilevabili? ...I più massicci, i buchi neri.

I buchi neri alle volte si scontrano, emettendo delle onde che si chiamano onde gravitazionali che comunicano all'Universo quello che è appena successo.

Proviamo a fare anche noi quello che fanno due buchi neri (o due stelle...).

Prendere 2 ragazzi o 2 guide:

Facciamo un girotondo a due tenendoci le mani.....

Avete visto che se vi tirate l'un l'altro potreste scontrarvi e cadere.

Nell'Universo le stelle sono come voi, invecchiando diventano buchi neri, ma magari hanno ancora voglia di giocare al girotondo...

Far fare :

- la hola in cerchio per capire cosa è un'onda;

- il ballo dei buchi neri per far increspature lo spaziotempo: la guida fa vedere come ci si deforma con le braccia in alto, in basso...

E, nel frattempo, far vedere:

- il video 4 filmato buchi neri,
- il video 5 danza buchi neri,
- la slide animata del ballo delle onde circolari che, investite dall'onda prodotta dal ballo dei buchi neri si deformano (polarizzandosi +,x, circolare),
- la slide del topo Arturo e di Paolina che si dilatano e espandono.

Allora, se vogliamo essere un po' più rigorosi, diciamo che le onde gravitazionali sono le "vibrazioni" del tessuto spaziotempo dovute all'interazione di corpi che sono in moto con velocità che aumenta o diminuisce e tale moto non è perfettamente sferico. Quando corpi con grande massa, densi, si muovono, producono onde gravitazionali che sottraggono loro energia.

Video 6 esplosione e increspatura pulsar.

Ma attenzione, se per noi finora è stato facile vedere le onde che abbiamo prodotto nei vari esperimenti, non è così per le onde gravitazionali.

Cerchiamo di capire meglio.

Far simulare il rumore di una festa mentre un ragazzo parla all'altro: far dire qualcosa sottovoce dal primo al secondo, in modo che gli altri non riescano a sentire.

Siete riusciti a sentire cosa ha detto il primo ragazzo al secondo? ...No, perché l'onda è debolissima, è come percepire un sussurro in una discoteca, quindi bisogna eliminare tutto il rumore di fondo.

Prendere il tappeto elastico. Un volontario appoggia il palmo della mano sul tappeto e intanto la guida batte ritmicamente il tappeto **SENZA MAI SMETTERE**;

Cosa senti...

Poi un'altra guida batte forte in contemporanea sul tappeto:

Riesci ancora a sentire il mio battito?... Perché?...Bisogna eliminare il rumore di fondo.

Quindi togliere il battito che disturba:

Adesso riesci di nuovo a sentire il mio battito?...

Quindi per ricevere un'onda bisogna mettere qualcosa estremamente sofisticato nello spaziotempo che possa rilevare il segnale.

Far vedere il video 7 funzionamento LIGO e mostrare il segnale rilevato, video 8 con chirp. Questo è davvero il suono dell'onda? l'onda ha un suono? Voi sentite le microonde del vostro forno?...No, l'onda è stata tradotta in segnale acustico.

Far vedere slide con posizione Ligo e altri interferometri nel mondo.

Siamo giunti al termine del nostro percorso e potremmo allora chiederci: cosa cambia nella nostra vita? Apparentemente nulla...continuiamo ad andare a scuola, alla partita...a fare le stesse cose, MA...possiamo studiare meglio l'universo, puntare telescopi....capire cosa succede dentro una stella che muore...da dove veniamo....

Forse un giorno un nostro pronipote potrà fare un viaggio intergalattico nello spazio o un viaggio nel tempo, quindi attraverso le increspature dello spaziotempo un giorno forse potrà raggiungere luoghi infinitamente lontani o tempi diversi da quello in cui viviamo.

Far vedere video finale

Slide finale con Einstein:

Ringraziamo questo signore...Einstein che ben 100 anni prima che fossero rilevate le onde gravitazionali per la prima volta, le aveva predette nella sua Teoria della Relatività.

Ringraziamenti, speriamo di essere stati sufficientemente chiari...saluti

Consegnare all'insegnante il foglio questionario da far imbucare nella scatola.

RIMETTERE TUTTO IN ORDINE PER IL GRUPPO SUCCESSIVO