

"Variazioni" sul moto di un corpo in un campo gravitazionale uniforme: un percorso di osservazioni/riflessioni/domande, da Galileo verso Einstein.

Di seguito alcuni stimoli, non originali, tratti da letture, confronto con colleghi e dall'esperienza.

Abbreviazioni:

PR principio di relatività

PI principio di inerzia

PE principio di equivalenza

Sono sottolineate le parti in cui è presente l'indicazione di una esperienza didattica.

1. Individuiamo alcuni tratti distintivi interessanti del modello matematico del Moto Uniformemente Accelerato (MUA). (Ad esempio la proporzionalità diretta tra spostamento e quadrato del tempo...)

Ci sono indizi che il Moto Naturalmente Accelerato (MNA) sia un MUA?

Analizziamo i dati di misure effettuate utilizzando la caduta libera di un corpo.

Analizziamo i dati di misure effettuate utilizzando il piano inclinato di Galileo (si può anche costruirlo... con i campanellini... a distanze opportune, ma anche utilizzando un metronomo).

Qualche indizio anche dal pendolo semplice...?

2. Sono all'interno di un treno (riferimento R') che viaggia su un binario liscio, senza scosse, con velocità vettore costante; lascio cadere una palla. Come cade? E se la si osserva da terra (riferimento R)?

Confronta con il discorso del "navilio", che si trova nel Dialogo di Galileo. Possiamo collegarci al **PR**?

Se utilizzo le trasformazioni di Galileo (**PR** per la meccanica), quale traiettoria ricavo?

3. Analizziamo il moto dello zampillo di acqua da una bottiglia forata, in particolare la sua traiettoria.

4. Analisi quantitativa del moto parabolico: l'esperienza del "battente"

-ricava la tabella delle coordinate (x; y) dei punti individuati, relativi alla traiettoria del moto

-stima le incertezze sulle misure di x e y

-su carta millimetrata, inserisci i punti trovati e cerca di ricavare il grafico della traiettoria

-utilizza i dati della tabella (x; y) per una interpolazione con foglio di calcolo (polinomio di secondo grado) e ricava il coefficiente del termine di secondo grado della parabola (coefficiente "A")

OPPURE.. con carta e penna

-con foglio di calcolo, ricava i grafici orari delle due componenti del moto piano (occorre fare una stima della velocità iniziale v_0 ... magari con una misura indiretta, partendo dal coefficiente "A" della parabola)

-confronta il valore della velocità iniziale stimata, con quello che puoi stimare dalla conservazione dell'energia (del punto materiale)... abbiamo trascurato qualcosa? (momento di inerzia della sfera) Prova a far cadere lungo la rotaia accelerante, sferette di raggio diverso e confronta le gittate

-(appendice) da varie altezze di caduta, lungo la rotaia accelerante, e quindi a partire da varie velocità iniziali, misura le gittate, con carta carbone; c'è una relazione particolare tra velocità iniziale e gittata? (Utile nella classica esperienza dell'urto bidimensionale elastico...)

5. Verso il **PE debole**

Torniamo alla bottiglia forata...cosa accade allo zampillo se la bottiglia si trova in volo libero?

Cos'è il volo libero? "Abbandonati alla gravità"...

Da cosa potrebbe venire il fatto che, nel riferimento della bottiglia in volo libero, la gravità scompaia?

L'indipendenza dalla massa; caduta di due corpi "diversi", dalla stessa quota.

Newton ed i satelliti di Giove (RI locale in volo libero intorno al Sole).

Lanterna in volo libero... lanterna accelerata verso l'alto.

Assicella con cucchiaini trattenuti da elastici, in volo libero.

A Mirabilandia, un tratto dell'ottovolante è percorso "in volo libero": in quella zona i binari seguono una traiettoria parabolica, che tiene conto del vettore velocità iniziale (che credo sia orizzontale).

Aneddoto: Rogers ed il regalo per il 70° compleanno di Einstein

La forza di gravità è particolare rispetto alle altre forze.. in cosa? Le forze gravitazionali e le forze apparenti, a differenza delle altre forze, sono entrambe proporzionali alla massa.

6. Osservazione del volo libero utilizzando un controllo di distacco elettromagnetico

Velocità iniziale orizzontale: osservazione del "moto orizzontale" per inerzia, nel riferimento in volo libero... stessi tempi di caduta delle due sfere che cadono.

"Scimmia e cacciatore". Riflessione. Nell'analisi del moto, c'è come un cambio di prospettiva; in primo luogo, conosco il moto del proiettile rispetto al laboratorio in volo libero, che è un RI; poi guardo come si muove il laboratorio rispetto al riferimento solidale a terra, infine compongo i due moti.

7. Il volo libero non riguarda quindi solo i corpi, possiamo pensare anche a riferimenti in volo libero.. abbandonati alla gravità; anche satelliti (pure in situazioni come l'effetto fionda), percorrono geodetiche dello spazio-tempo.

Come illustrare il concetto di **geodetica**? Una geodetica sulla terra: confronta meridiani e paralleli ("andar dritto" in bicicletta...); una geodetica su una mela: la formica "attratta" dal picciolo (Taylor-Wheeler)

PE debole, viene da Galileo e ripreso da Newton, con l'osservazione che la gravità solare non influenza il moto dei satelliti di Giove: la forza di gravità agisce nello stesso modo su tutti i corpi, indipendentemente dalla loro massa e costituzione (localmente, quindi trascurando gli effetti di marea).

Come dire che, agli effetti del moto di un corpo, un riferimento in caduta libera è, localmente, indistinguibile da un RI.

PE forte: a tutti gli effetti fisici, un riferimento in caduta libera, "localmente", è equivalente ad un RI.

8. La deflessione della luce. Riferimento in accelerazione (g) lontano da campi gravitazionali **equivalente** a riferimento in quiete sulla superficie terrestre e... deflessione della luce: moto parabolico... della luce.

Consideriamo una cabina in volo libero, essa è, localmente, un RI ed accendiamo un proiettore che emette luce perpendicolarmente alla parete della cabina, la luce si muove in linea retta, (utilizzando simbologia nota), $x=ct$; nel riferimento solidale alla superficie terrestre, la cabina è in MUA e quindi, nel riferimento terra, il moto della luce si ottiene con le trasformazioni tra i due riferimenti $x=ct$ $y=1/2gt^2$ per ottenere $y=1/2gx^2/c^2$ che è l'equazione di una parabola. Per la luce la situazione è quindi analoga a quella dell'esperienza del proiettile con velocità iniziale orizzontale e del bersaglio che si trova alla stessa altezza di quella iniziale del proiettile: cambiano solo gli ordini di grandezza dei coefficienti che descrivono la traiettoria, causa l'elevata velocità della luce rispetto a quella istantanea massima della cabina, relativamente a terra. La verifica sperimentale di questa deflessione si potrebbe fare solo con una amplificazione...

9. Piano inclinato e moto in gravità ridotta (sferette con inchiostro...)

Si tratta di una parabola? Qual è in questo caso il valore di g e quello della velocità iniziale? Nel rotolamento della sferetta è importante considerare il suo momento di inerzia?