

Esperimento Cavendish

Cherubini Claudia, Mocetti Diego.

Classe 3SA1

A.S 2015/2016

Liceo Scientifico Ettore Majorana Orvieto

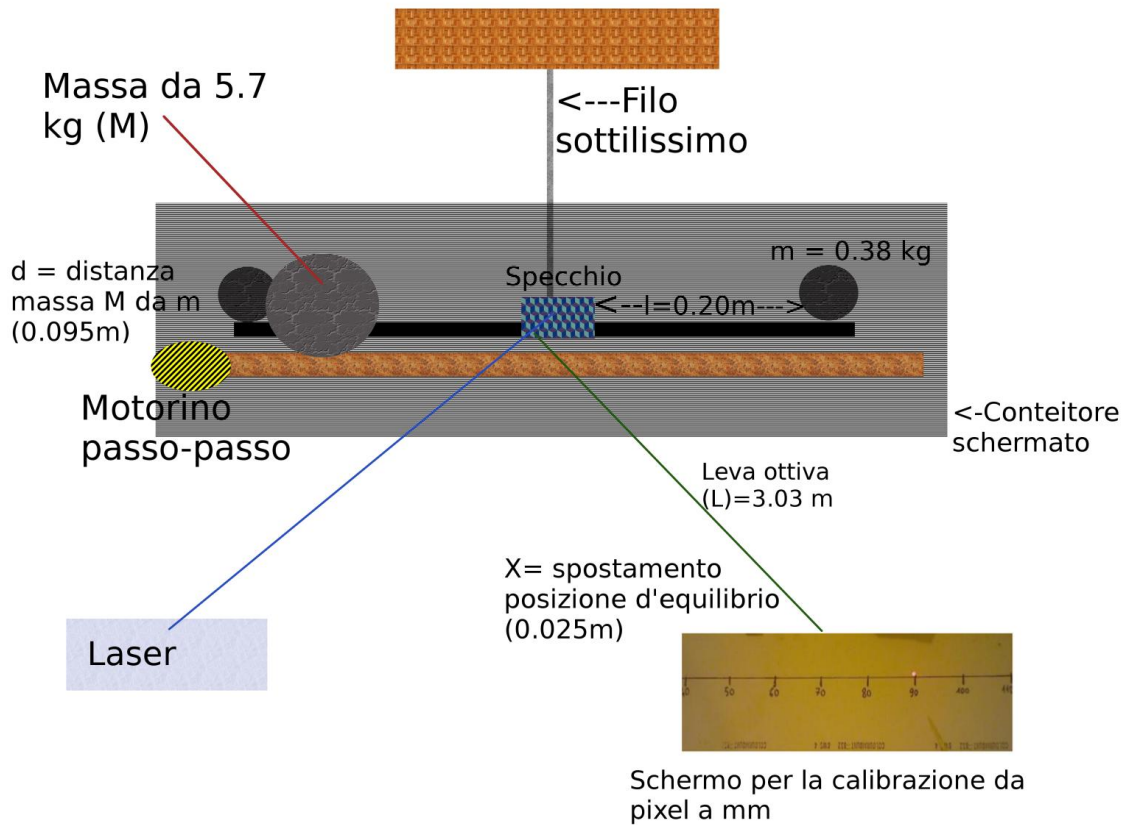
Introduzione:

Il pendolo di torsione di Cavendish permette di misurare la forza di attrazione gravitazionale fra due masse, ricavando quindi, la costante di gravitazione universale. E' composto da un filo molto sottile a cui è appeso un giogo mobile costituito da una barretta di legno. Ai suoi estremi sono fissate due piccole sferette di massa m . Al centro del giogo è inoltre fissato uno specchietto che rifletterà il raggio della leva ottica di lunghezza L . Questa parte dell'esperimento è posizionata all'interno di una scatola di plexiglass (trasparente in modo da far passare il raggio laser) schermata, onde evitare disturbi di natura elettromagnetica. E' posta inoltre affianco una grande massa di piombo M sul piano, che viene spostata da un "motore passo-passo" (o stepping motor) fatto muovere a passetti regolati da impulsi sui 4 fili.

E' possibile quindi calcolare G , misurando l'angolo di torsione della bilancia.

Acquisizione dati:

Il motore "passo passo" permette il movimento della sfera tramite impulsi. Gli impulsi sono prodotti da un programma che modifica i livelli dei bit sulla porta parallela; per fare la corsa da un estremo all'altro della barretta (40cm) si deve fare girare il motorino di 2030 passi; dopo 4 ore si ripete invertendo il senso di rotazione. Il numero di passi dipende dal diametro dell'alberino del motore su cui è avvolto il filo e dal fatto che questo motore richiede 200 passi per completare un giro e portarsi accanto a ciascuna delle masse appese. Un software appositamente realizzato consente di acquisire un'immagine di dove si trova il punto laser attraverso una web-cam posizionata di fronte alla tabella di calibrazione pixel-mm. Per determinare la posizione in un certo istante si analizza un fotogramma utilizzando il criterio ricerca punto rosso che poi una volta individuato viene rappresentato in un grafico Gnuplot. La ricerca del punto avviene analizzando una sezione delimitata da una certa altezza e lunghezza del fotogramma. Vengono analizzati i byte dei colori che sono delle terne (Red, Green, Blue:RGB); di queste viene preso in considerazione soltanto il rosso del quale viene poi tracciato in grafico per determinarne i picchi di luce più intensi. Viene fatto poi uno smoothing ("allisciamento") dei punti effettuando la media del precedente e del successivo. I valori massimi vengono riportati in un file con la posizione e il tempo. Questi dati verranno poi utilizzati da Gnuplot che attraverso una libreria per Python è in grado di produrre un grafico.



Rappresentazione schematica esperimento

Elaborazione dati:

Il periodo di oscillazione del pendolo di torsione (lo stesso di un oscillatore armonico) è:

$$T = 2\pi \sqrt{\left(\frac{2m}{k}\right)}$$

Dove $2m$ corrisponde alle due sferette sospese. Risolvendo in funzione di k : il filo che si torce agisce come una leggerissima molla elastica di costante k attaccata a una delle sferette, ma l'inerzia è data dalla massa di entrambe.

$$k = 4\pi^2 \frac{2m}{T^2}$$

La forza di attrazione gravitazionale tra la massa M e le due masse m è derivata dalla legge di gravitazione universale:

$$F = G \frac{Mm}{d^2}$$

In quanto inoltre la forza elastica: $F = kx$

$$x = \frac{F}{k} = \frac{GMmT^2}{2m4\pi^2d^2}$$

Lo spostamento X del punto luminoso è determinato dallo spostamento del giogo della leva ottica L, in quanto inoltre il raggio riflesso si sposta di un angolo doppio rispetto allo spostamento angolare del giogo, si otterrà:

$$X = 2x \frac{L}{l} = \frac{GMT^2}{4\pi^2d^2} \cdot \left(\frac{L}{l}\right)$$

E' possibile quindi ricavare facilmente G:

$$G = \frac{4\pi^2d^2X}{MT^2} \cdot \left(\frac{l}{L}\right)$$

Di conseguenza avremo:

$$M = 5.7 \text{ kg}$$

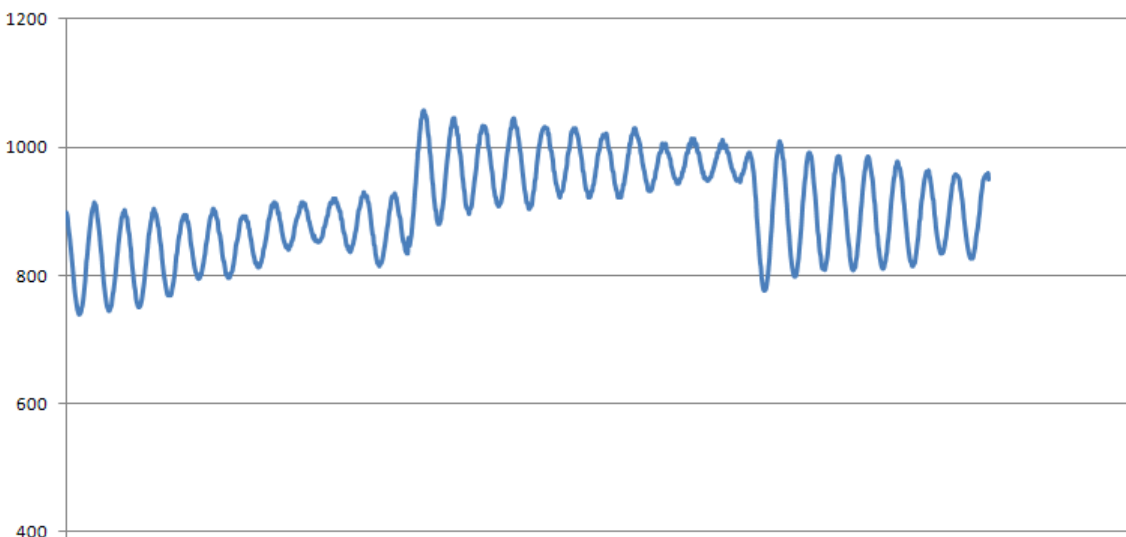
$$l = 0.20 \text{ m } (2l = 0.40 \text{ m})$$

$$L = 3.03 \text{ m}$$

$$m = 0,38 \text{ kg (derivata da } V \cdot d = 11340 \text{ kg/m}^3 \times 0,0000335 \text{ m}^3)$$

$$R \text{ (della massa } M) = 0.05 \text{ m}$$

$$d = 0.095 \text{ m}(r+R+\delta)$$

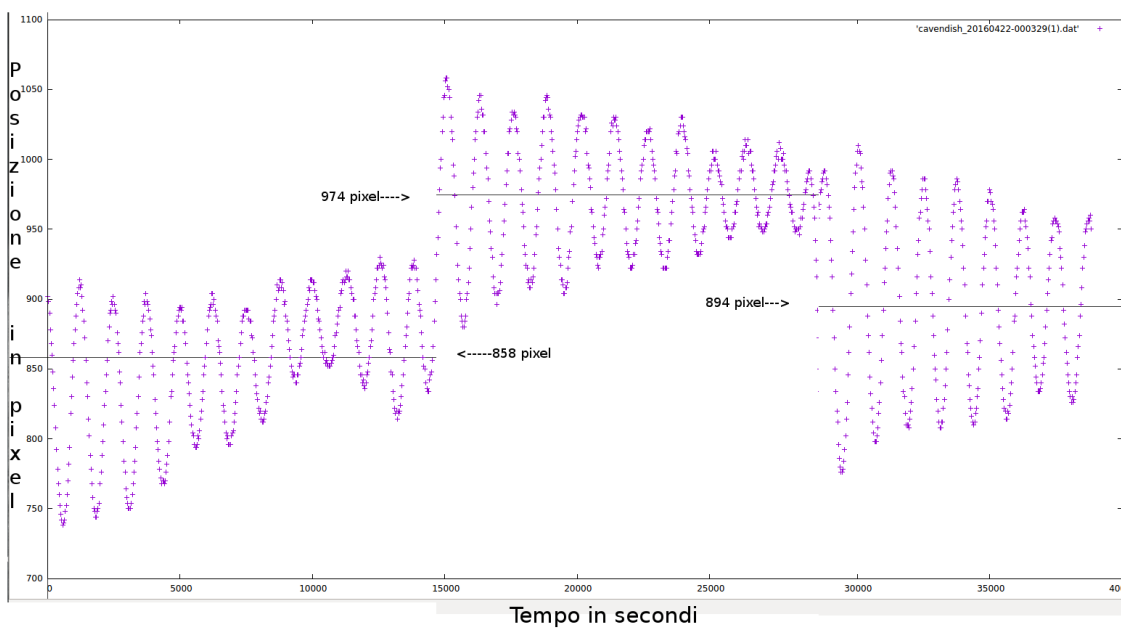


E' possibile calcolare il periodo $T = \frac{\text{periodon}^\circ\text{oscillazioni}}{n^\circ\text{oscillazioni}}$ avendo quindi:

$$T = 1250 \text{ s}$$

Per ricavare lo spostamento X del giogo è necessario trovare il punto di equilibrio ogni 4 ore, per poi effettuarne la media:

$$X = \frac{\frac{x_1 + x_3}{2} + x_2}{2}$$



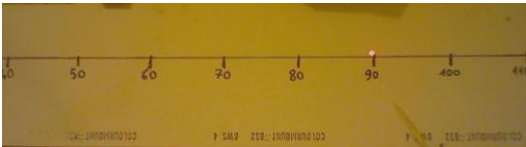
Dato che:

$$x_1 = 858$$

$$x_2 = 974$$

$$x_3 = 894$$

Allora lo spostamento X dalla posizione di equilibrio risulterà: 98 px, che corrispondono a 0.0025 m



Di conseguenza, applicando la formula, G risulterà:

$$G = \frac{4\pi^2 d^2 X}{MT^2} \cdot \left(\frac{L}{l}\right) = 6.59 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

Conclusione:

E' possibile quindi ricavare il valore della costante di gravitazione universale G in quanto il filo del pendolo esercita un momento torcente di richiamo. Il risultato, però, non corrisponde esattamente al valore universale di G in quanto sono presenti errori derivati dalle derive termiche che determinano un movimento anomalo del giogo. Inoltre sarebbe possibile ottenere un risultato più accurato effettuando l'esperienza sottovuoto, in un ambiente in cui non agiscono sbalzi termici e correnti d'aria.