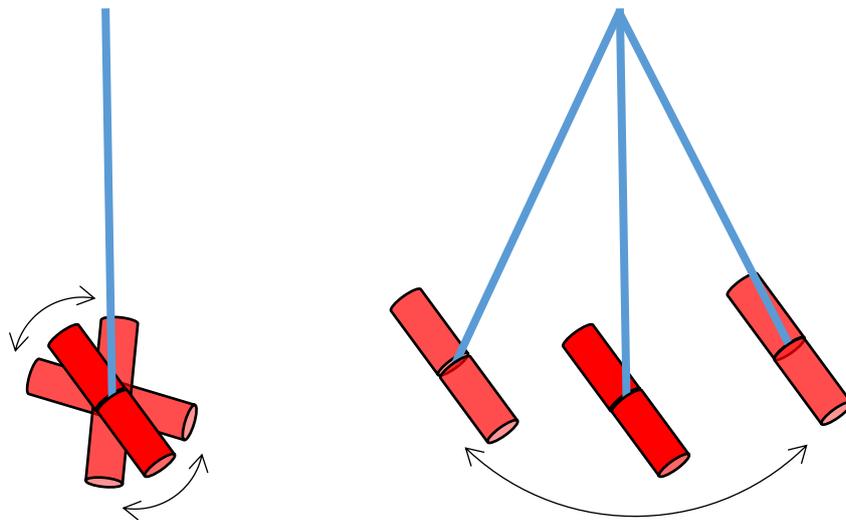




Attività per un laboratorio casalingo

MAGNETE OSCILLANTE



A cura di Luisa Bragalenti, Barbara Montolli (AIF – Sezione di Padova)

Magnete oscillante

1) Oscillazioni accoppiate

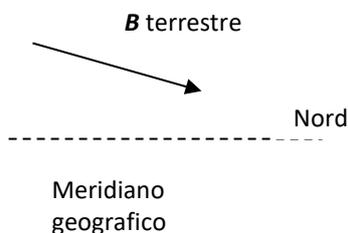
Che può succedere alle oscillazioni di un pendolo semplice se lo si realizza con un magnete?

Materiali

- 2 coppie di magneti giocattolo a barretta (tipo “geomag”), al punto 2) una coppia può essere sostituita da un unico magnete a sbarra
- Filo da cucito comune (p. es. numero 50) lungo almeno 1 m; la lunghezza necessaria dipende dai magnetini usati.
- Nastro adesivo
- Cronometro
- Metro di carta millimetrato o stecca millimetrata
- Foglio A4 di carta quadrettata, possibilmente con i quadretti di lato 5 mm, oppure di carta millimetrata

Sistema due magnetini uno di seguito all'altro lungo l'asse longitudinale in modo che restino uniti formando così un unico magnete. Inserisci un'estremità del filo tra le due basi a contatto. Queste stringeranno il filo stesso a sufficienza, il magnete resterà appeso al filo e costituirà l'oscillatore in esame.

Lascia pendere circa 50 cm di filo con il magnete all'estremità inferiore. Questo risente del campo magnetico terrestre (o meglio ambientale), oscilla e tende ad orientarsi come l'ago di una bussola, nella direzione di questo campo, diretto grosso modo verso il Nord geografico. Se lo fermi, puoi osservare che il magnete si mantiene all'incirca orizzontale, anche se leggermente inclinato verso il basso dalla parte rivolta a Nord, polo Nord del magnete (*Figura 1*).



Se viene ruotato nel piano orizzontale, di un piccolo angolo dalla sua direzione di equilibrio, e poi lasciato andare, oscilla intorno a questa direzione, con un periodo T che non cambia al diminuire dell'ampiezza, cioè con oscillazioni sincrone.

Con un po' di nastro adesivo, appendi il pendolo al bordo del tavolo o al sedile di uno sgabello posto sopra il tavolo.

È importante che il magnete-pendolo possa oscillare senza essere vicino a parti in acciaio.

Ruotalo (con delicatezza!) nel piano orizzontale di un piccolo (circa 10°) angolo dalla posizione di equilibrio, cercando di lasciare verticale il filo

Figura 1 – Come si dispone il magnete

Controlla se le oscillazioni sono sincrone, misurandone il periodo T_m , cioè il tempo impiegato per “andata e ritorno” sia all'inizio sia quando queste si sono un po' smorzate. Per misurare T_m , piuttosto breve, conviene misurare la durata complessiva di qualche decina di oscillazioni consecutive.

T_m dipende solo da alcune proprietà del magnete e dall'intensità del campo magnetico terrestre (componente orizzontale), ma non dalla lunghezza del filo, che non presenta resistenza alla torsione.

Ma il magnete può anche comportarsi come un pendolo semplice, dato che si trova nel campo gravitazionale terrestre.

Per piccole oscillazioni (in piano verticale) il periodo T_g del pendolo semplice, è dato dalla nota formula $T_g = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ con L =lunghezza del pendolo, g = accelerazione di gravità

Calcola quale lunghezza L_{gm} dovrebbe avere il pendolo perché si verifichi $T_g = T_m$

Regola a questo valore la lunghezza del pendolo.

- Fermalo nella posizione di equilibrio. Ruotalo di un piccolo angolo α (nel piano orizzontale) mantenendo il filo verticale. Lascialo andare senza spinta. Osserva e annota quello che succede.
- Fermalo nella posizione di equilibrio. Ruotalo di un piccolo angolo β (nel piano verticale) mantenendo il magnete orizzontale nella direzione Sud-Nord. Lascialo andare. Osserva e annota quello che succede.

2) Sensore di campo magnetico

A quale distanza da un magnete si crea un campo uguale a quello terrestre? Si può con un magnetino annullare il campo magnetico terrestre?

Il magnete fatto con i due magnetini appesi al filo può costituire un sensore di campo magnetico.

Difatti il periodo T_m dipende dall'intensità B del campo in cui si trovano: $T_m = 2\pi \sqrt{\frac{I}{m_0 B}}$

dove I è il momento d'inerzia del magnete, m_0 è una sua caratteristica che dipende dall'intensità della sua magnetizzazione. Non occorre che tu conosca meglio m_0 e I .

Si può anche esprimere T_m o il suo quadrato più semplicemente con la formula: $T_m^2 = k/B$, conglobando in k le varie costanti. Il periodo al quadrato risulta inversamente proporzionale all'intensità del campo magnetico in cui il magnete oscillante si trova.

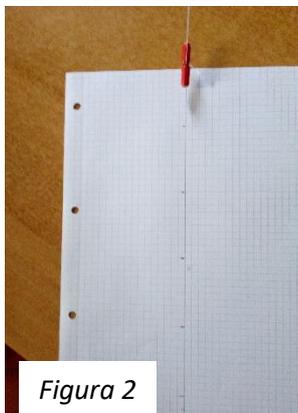


Figura 2

Disegna una riga sul foglio, parallela al lato più lungo e a metà del lato corto. Metti il foglio sul pavimento o sul tavolo, sotto il pendolo magnetico, con la riga parallela al magnete. Regola la lunghezza di questo in modo che non si producano oscillazioni accoppiate, e che il magnete sia più vicino possibile al foglio senza però toccarlo, visto che dovrà oscillare in orizzontale (Figura 2)

Poni il magnete che crea il campo ad una distanza dal pendolo di circa 20 cm. Le distanze si intendono misurate tra i due centri. Orientalo in modo che il campo magnetico creato da questo, che nei punti dell'asse è diretto lungo l'asse stesso, sia concorde con quello terrestre. Nella figura 2 questo magnete non compare.

Potrai vedere che, così facendo, le oscillazioni del pendolino aumentano di frequenza. Il periodo è minore, visto che le intensità dei due campi concordi si sommano. Succede il contrario se i due campi sono discordi. Con campi sovrapposti concordi e di uguale intensità, il campo risultante sarà doppio di quello terrestre e il quadrato del corrispondente periodo T sarà la metà di quello nel solo campo terrestre: $T^2 = T_m^2/2$ $T = T_m/\sqrt{2}$

Trova la distanza dal magnete fisso in cui ciò si verifica. Spiega il metodo che hai seguito e annota le misure effettuate.

Quando hai trovato la posizione giusta ruota di 180° il magnete fisso, in modo che crei un campo magnetico opposto a quello terrestre. Che succede ora al pendolino? Oscilla come prima?

Quali sono, secondo te, le fonti di errori sistematici in eccesso o in difetto, nelle varie misurazioni?



Per l'insegnante

Contenuti e spunti didattici

Con materiali poveri, studiare il periodo di un pendolo semplice, osservare oscillazioni di diverso tipo e oscillazioni sincrone, esplorare il campo magnetico ambientale e costruire un sensore di campo magnetico.

Esempio di risultati

1) Oscillazioni accoppiate

I risultati riportati sono stati ottenuti con una coppia di magnetini geomag rossi, a barretta, prismatici, lunghi 15 mm ciascuno, di spessore 6 mm, e con una coppia di magnetini bianchi della stessa forma, lunghi 26,4 mm e dello stesso spessore. $L = gT_m^2 / (4\pi^2)$

	Tempo per 10 oscillazioni (s)	Periodo medio T_m (s)	Lunghezza L del pendolo semplice di ugual periodo (m)
Magneti bianchi	18,85 18,97 19,19	1,900	0,897
Magneti rossi	11,25 11,26 11,15	1,122	0,313

2) Sensore di campo magnetico

Sia il magnete fisso che quello del pendolino sono costituiti da una coppia di magnetini rossi.

Coppia di magneti rossi: Lunghezza pendolo 62 cm.

I periodi T' sono ottenuti ponendo il magnete pendolo alla distanza d dal magnete fisso che crea il campo; d è misurata tra i due centri delle barrette magnetiche. Lunghezza L del pendolo = 63 cm, ben diversa dai 31 cm con cui si avrebbero oscillazioni accoppiate. Periodo di oscillazione nel campo magnetico terrestre $T_m = 1,18$ s

Periodo di oscillazione con campo doppio di quello terrestre $T' = 1.118/\sqrt{2} = 0,834$ s

Distanza d (cm)	Tempo per 30 oscillazioni (s)			Periodo medio T' (s)
20,0	26,88	26,98	26,79	0,896
15,0	21,07	21,24	20,65	0,700
18,0	24,66	24,57	24,44	0,819
19,0	26,26	26,03	25,96	0,869
18,5	25,17	25,21	24,98	0,837

In questo caso il punto richiesto si trova ad una distanza dal magnete fisso compresa tra 18,0 cm e 18,5 cm.

Fonti: AIF – La Fisica nella Scuola -Speciale Olimpiadi 2009 - Gara nazionale – Prova sperimentale
AIF – La Fisica nella Scuola -Speciale Olimpiadi 2017 - Gara nazionale – Prova sperimentale
[link: <https://www.olifis.it/problemi/naz09spe.zip> e <https://www.olifis.it/problemi/naz17spe.zip>]