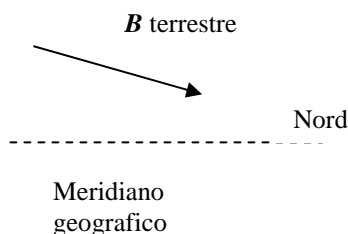


## Magneti in movimento

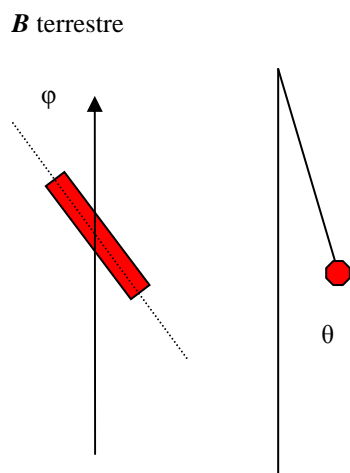
**Premessa-** I due magnetini vanno sistemati uno di seguito all'altro lungo l'asse longitudinale in modo che restino uniti; il tutto così formato sarà chiamato semplicemente “magnete”.

Il magnete, come l'ago di una bussola, è soggetto ad una coppia di forze che tende a portarlo nella stessa direzione del campo magnetico  $B$  in cui si trova. Il momento  $M$  della coppia vale  $M = m_o B / \sin(\varphi)$ , dove  $B$  è l'intensità del campo magnetico esterno,  $\varphi$  è l'angolo tra l'asse longitudinale del magnete e la direzione del campo  $B$ , il momento magnetico  $m_o$  è una caratteristica del magnete e il suo valore dipende da quanto sono distanti i suoi poli e da quanto “intensa” è la sua magnetizzazione. Se il campo esterno è uniforme come quello terrestre nell'ambiente dove stai lavorando, sul magnete agisce solo la coppia, purché esso non sia troppo vicino ad oggetti ferromagnetici come le gambe del tavolino o delle sedie: in questo caso, oltre alla coppia, c'è anche una forza che tende a spostarlo. Il campo terrestre è orientato pressappoco verso il Nord geografico, ed anche un po' verso il basso.



gancio la molletta. Stringi tra le ganasce di questa l'astina di legno col metro avvolto (v. anche “materiali e indicazioni” alla pag. seguente). L'astina costituisce il giogo della bilancia.

- Misura la massa del magnete, con la massima precisione possibile, usando i fermagli come masse campione. Qual è il risultato della misurazione? Quali sono le principali fonti di incertezza?
  - Il campo magnetico terrestre influisce sulla misura? La risposta deve essere motivata.
- 2) (70 punti) - Fissa il magnete ad un'estremità del filo inserendo questo tra le due sezioni a contatto; lascia pendere una cinquantina di centimetri di filo e fissalo in alto al righello di legno mediante la molletta metallica senza tagliarlo; avvolgi la parte eccedente sul righello stesso che va appoggiato al tavolo. Se lasci sporgere solo la parte da cui pende il filo col magnete, il tutto resterà in equilibrio.



Vista dall'alto

Vista di fronte

- (45 punti) - Realizza una bilancia come viene spiegato qui di seguito. Su una faccia di una molletta fai un segno con il pennarello lungo l'asse di simmetria perpendicolare alla base. Realizza un filo a piombo con un po' di filo ed un fermaglio e appendilo alla molletta (v. figura a lato) dopo averlo passato nei due occhielli e averlo fissato con nastro adesivo alla ganascia posteriore della molletta: il filo a piombo può essere utile per controllare l'equilibrio dell'astina. Fissa con nastro adesivo sul piano del tavolo, nella posizione che ritieni più opportuna, un fermaglio deformato come una “S” per fare da gancio. Infila nel gancio la molletta. Stringi tra le ganasce di questa l'astina di legno col metro avvolto (v. anche “materiali e indicazioni” alla pag. seguente). L'astina costituisce il giogo della bilancia.
  - Misura la massa del magnete, con la massima precisione possibile, usando i fermagli come masse campione. Qual è il risultato della misurazione? Quali sono le principali fonti di incertezza?
  - Il campo magnetico terrestre influisce sulla misura? La risposta deve essere motivata.
- 2) (70 punti) - Fissa il magnete ad un'estremità del filo inserendo questo tra le due sezioni a contatto; lascia pendere una cinquantina di centimetri di filo e fissalo in alto al righello di legno mediante la molletta metallica senza tagliarlo; avvolgi la parte eccedente sul righello stesso che va appoggiato al tavolo. Se lasci sporgere solo la parte da cui pende il filo col magnete, il tutto resterà in equilibrio.
- Lasciando il filo verticale, devia lateralmente il magnete, dalla posizione di equilibrio, di un piccolo angolo valutando a occhio che sia entro  $10^\circ$  ( $\varphi \leq 10^\circ$ ) (v. figura a lato), e lascialo andare. Quanto vale il periodo delle oscillazioni?
  - Invece, per  $\varphi = 90^\circ$ , il momento della coppia dovuta al campo magnetico terrestre (v. premessa) sarebbe massimo. Qual è il suo valore  $M_{max}$ ?  
Dato che il valore di  $B$  ha un ordine di grandezza di  $10^{-5}$  T, qual è l'ordine di grandezza di  $m_o$  nel Sistema Internazionale SI?

Suggerimento per rispondere alla domanda 2 b: fissa al magnete oscillante con un po' di gomma adesiva (ne basta pochissima) il tondino di alluminio; questo è cilindrico, mentre il magnete ha piuttosto la forma di un prisma. Lascia oscillare il tutto nel campo magnetico terrestre. Il sistema oscillante ha lo stesso momento magnetico del magnete, poiché l'alluminio non lo modifica.

- 3) (45 punti) - Il magnete appeso al filo può anche oscillare in un piano verticale come un pendolo semplice.
- Usa il magnete da solo, senza tondino, e sistema l'apparecchiatura in modo che le oscillazioni prodotte dalla coppia orientatrice e quelle del moto pendolare abbiano la stessa frequenza. Se è necessario metti una sedia sopra due tavoli affiancati e poni il righello sul piano della sedia. Quali modifiche hai apportato? Lascia andare il magnete partendo dalla seguente situazione iniziale:  $\varphi \neq 0$ , e  $\theta = 0$ . Prova anche a partire dalla situazione iniziale:  $\varphi = 0$ , e  $\theta \neq 0$ . Che cosa osservi? Quali forme di energia sono in gioco?
  - Nell'ipotesi di resistenze passive trascurabili, calcola qual è il massimo valore di  $\theta$  corrispondente alla situazione iniziale:  $\varphi = 10^\circ$ ;  $\theta = 0$ .
- 4) (40 punti) - Dopo aver pulito con un po' di cotone imbevuto di alcol l'angolato di alluminio, inclinalo con la parte concava verso l'alto, e appoggialo da una parte all'apposito sostegno e all'altra estremità sul piano del tavolo, contro il fermo. La sua sezione verticale forma una "V", e la sua gola fa da scivolo.
- La forza di attrito radente risultante dal contatto del magnete con la gola dell'angolato così disposto, è maggiore, minore o uguale a quella che esiste se esso scivola su una sola faccia piana dell'angolato? La risposta deve essere motivata da considerazioni teoriche e sperimentali.
  - Quali differenze trovi lasciando scivolare il tondino di alluminio e il magnete nelle medesime condizioni nella gola dell'angolato? Come interpreti queste differenze sulla base delle forze che agiscono sull'uno e sull'altro?

**N.B. Scrivi subito nome, cognome e numero del tavolo nel foglio con il Quadro Riassuntivo. Vi riporterai le risposte e lo consegnerai come parte integrante della relazione. Se non riesci a sintetizzare sufficientemente qualche risposta in modo che sia contenuta nei riquadri, scrivi "vedi relazione".**

### Formule utili

$M = m_o B \sin(\varphi)$  :  $M$  è il valore del momento della coppia orientatrice,  $B$  è l'intensità del campo magnetico esterno,  $\varphi$  è l'angolo tra l'asse longitudinale del magnete e quella del campo magnetico,  $m_o$  è valore del *momento magnetico* del magnete.

Per piccoli angoli ( $\varphi \leq 10^\circ$ ):  $M = m_o B \varphi$  ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{m_o B}}$   $T$  è il periodo delle oscillazioni prodotte dalla coppia orientatrice;  $I$  è il momento d'inerzia del "sistema" oscillante.

$I_c = \frac{1}{4} m \cdot (r^2 + \frac{1}{3} a^2)$   $I_c$  = momento d'inerzia di un cilindro omogeneo rispetto a un asse per il centro di massa e perpendicolare all'asse longitudinale;  $r$  = raggio della sezione;  $a$  = lunghezza del cilindro

### Materiali e indicazioni:

- Coppia di magneti uguali a barra
- Metro di carta. Opportunamente ritagliato va avvolto sul tondino di legno e fissato a questo con nastro adesivo.
- Forbici
- Nastro adesivo
- Tondino di legno lungo poco meno di mezzo metro
- 2 mollette metalliche
- Pennarello indelebile
- Filo da cucito lungo circa 2 m. Oltre che per la realizzazione del pendolo e del filo a piombo, può servire per appendere oggetti al giogo della bilancia. 915 m di filo pesano  $45 \pm 5$  g
- 10 fermagli da carta. La massa di ciascun fermaglio vale  $1,695 \pm 0,005$  g. Uno va deformato a gancio come una "S", un altro serve per fare da peso nel filo a piombo, gli altri (tutti o in parte) come masse campione.
- Righello di legno
- Cronometro ( 0,01 s)
- Tondino di alluminio
- Un quadratino di gomma adesiva Patafix®. Si ammorbidisce manipolandola un po'.
- Angolato di alluminio anodizzato
- Sostegni e fermo per angolato
- Squadra millimetrata
- Alcol e cotone sul tavolo di servizio

## QUADRO RIASSUNTIVO

NOME ..... Tavolo n.....

1	A	<p>Massa del magnete</p> <p>Principali fonti di incertezza</p>
	B	<p>Il campo magnetico terrestre influisce sulla misura?</p> <p>Motivazione della risposta</p>
2	A	<p>Periodo di oscillazione =</p>
	B	<p>Momento massimo <math>M_{\max}</math> =</p> <p>Ordine di grandezza del momento magnetico <math>m_o</math> =</p>
3	A	<p>Modifiche apportate =</p> <p>Osservazioni e forme di energia in gioco</p>
	B	<p>Per <math>\varphi=10^\circ</math>, <math>\theta_{\max}</math> =</p>
4	A	<p>Forza risultante di attrito all'interno della V &gt; = &lt; forza di attrito su piano?</p> <p>Motivazione della risposta</p>
	B	<p>Differenze di comportamento di magnete e tondino sullo scivolo</p> <p>Interpretazione</p>