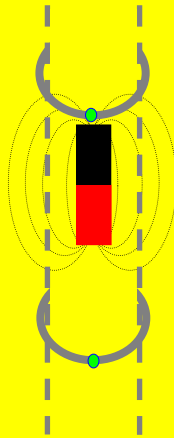


Magnete in caduta in un tubo metallico

Progetto
Lauree
Scientifiche
2009

Laboratorio
di
Fisica



Dipartimento di Fisica
Università di Genova

*in collaborazione con il
Liceo Leonardo da Vinci*

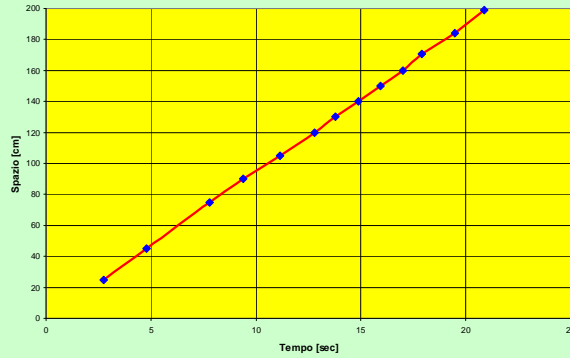
Genova - 25 novembre 2009

Laura Faè - Edgardo Smerieri

Studio del moto di un magnete in caduta all'interno di un tubo metallico

- **Determinazione sperimentale della legge oraria del moto**
- **Esame dell'effetto di alcuni parametri sul moto di caduta :**
 - Tipo di metallo di cui è fatto il tubo (rame - alluminio - ottone)
 - Lunghezza del tubo
 - Sezione interna del tubo
 - Spessore del metallo del tubo
 - Massa del magnete
 - Dimensioni geometriche del magnete
 - Tipo di magnete (induzione magnetica)

Legge sperimentale del moto



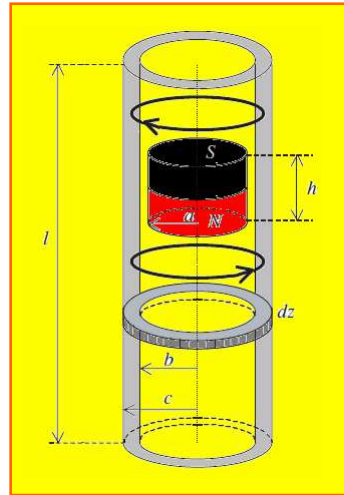
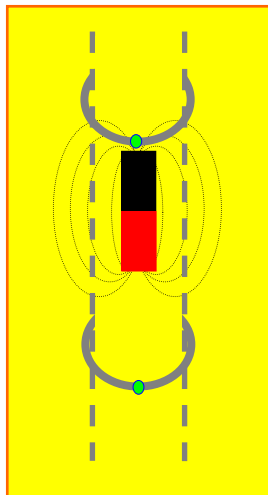
- Il moto non è uniformemente accelerato come quello di un corpo che cade nel vuoto o di un magnete che cade in un tubo di plexiglas
- Dopo un transitorio iniziale, difficile da determinare con gli strumenti a disposizione, si osserva che la legge oraria trovata sperimentalmente è quella di un moto rettilineo uniforme

3

Che cosa succede nel tubo ?

$$E_{indotta} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

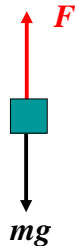
$$I_{indotta} = \frac{E_{indotta}}{R}$$



Il magnete in caduta è frenato dalle correnti indotte nel metallo del tubo prodotte dal movimento di caduta del magnete stesso

4

Esame del problema



1. La forza peso $\vec{P} = m\vec{g}$ del magnete ne fa aumentare la velocità
2. Aumenta la rapidità di variazione del flusso del campo magnetico attraverso la sezione del tubo
3. Si genera una forza elettromotrice indotta per la Legge di Faraday-Newmann
4. La corrente indotta nel tubo aumenta con la velocità di caduta del magnete
5. Aumenta il campo magnetico indotto che, per la legge di Lenz, si oppone alla causa che l'ha generato
6. Sul magnete aumenta la forza frenante \vec{F}
7. La velocità tende a diminuire in contrasto con l'effetto della forza peso (questo è un effetto contrario alla causa iniziale)
8. Quindi dopo una fase transitoria iniziale si può raggiungere una condizione di equilibrio in cui la forza risultante sul magnete è nulla e la sua velocità è costante
9. Per studiare il problema facciamo l'ipotesi che la forza frenante sia di tipo viscoso

$$\vec{F} = -k\vec{v}$$

5

Studio con l'ipotesi di moto viscoso

$$m \frac{dv}{dt} = mg - kv \quad \longrightarrow \quad v(t) = \frac{mg}{k} \left(1 - e^{-\frac{kt}{m}} \right)$$

- Se la costante di tempo $\tau = m/k$ è molto piccola **si raggiunge subito la velocità di regime**

$$v_{regime} = \frac{mg}{k}$$

- Massa del magnete piccolo 2.18 g
- Velocità di regime di circa 9.5 cm/s in un tubo di rame di 7 mm di diametro interno
- La costante di tempo di 9.7 ms risulta in effetti molto piccola rispetto ai tempi delle misure che variano da secondi a decine di secondi

6

Studio con l'ipotesi di moto viscoso

- L'equazione dell' spazio percorso in funzione del tempo è

$$s(t) = \frac{mg}{k} \left(-\frac{m}{k} + t + \frac{m}{k} e^{-\frac{kt}{m}} \right)$$

- Approssimando la formula, dopo il transitorio iniziale, si ottiene un **moto rettilineo uniforme**

$$s(t) \cong v_{regime} t$$

7

Esperienze proposte

1^a Esperienza

- Stesso magnete per tutti i tubi
- Stesso diametro interno dei tubi
- **Diverso metallo dei tubi**

2^a Esperienza

- Stesso magnete per tutti i tubi
- **Diverso diametro interno dei tubi**
- Stesso metallo per tutti i tubi

3^a Esperienza

- **Diverse dimensioni dei magneti**
- Stesso diametro interno dei tubi
- Stesso metallo per tutti i tubi

4^a Esperienza

- **Diverso numero di magneti (tutti uguali)**
- Stesso diametro interno dei tubi
- Stesso metallo per tutti i tubi

8

Materiale a disposizione

1. Magnetini cilindrici di 5 mm di diametro e 5 mm di altezza

- date le dimensioni ridotte dei singoli magnetini si consiglia di utilizzare come magnete in caduta quello ottenuto unendo tre elementi per una massa complessiva di **2.18 g** (in seguito chiamato **magnete piccolo**)

2. Magnetini cilindrici di 6 mm di diametro e 6 mm di altezza

- date le dimensioni ridotte dei singoli magnetini si consiglia di utilizzare come magnete in caduta quello ottenuto unendo tre elementi per una massa complessiva di **2.72 g** (in seguito chiamato **magnete grande**)

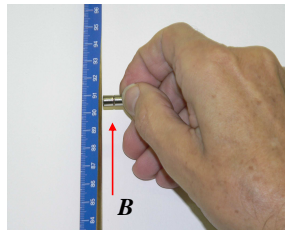
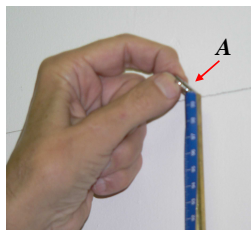
3. Tubi metallici di Rame – Alluminio – Ottone

- Diametro esterno di tutti i tubi 10 mm
- Diametro interno da 6 mm – 7 mm – 8 mm
- Lunghezza di tutti i tubi 2 m

4. Cronometro manuale digitale

9

Tecnica di esecuzione



- Il metodo è semplice e poco costoso ma funzionale
- Lo zero della scala graduata deve coincidere con l'apertura del tubo posta in basso
- Il magnete *A* è quello in caduta, il magnete *B* viene tenuto all'esterno del tubo alle varie altezze e serve per tenere e liberare il magnete *A*
- Quando si inserisce il magnete *A* (figura di sinistra) l'altro magnete *B* (figura di destra) deve essere già posizionato alla quota opportuna per agganciare il magnete *A*
- Per agganciare correttamente il magnete *A* in caduta occorre che esso sia sempre orientato nello stesso modo (attrazione) rispetto al magnete *B*

10

1^a Esperienza

- Stesso magnete
- Stesso diametro interno del tubo
- **Diverso metallo del tubo: Rame - Alluminio - Ottone**

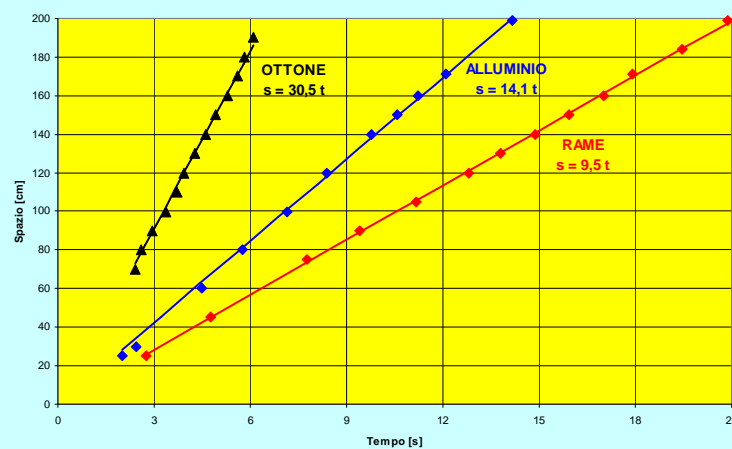
Esecuzione della misura

- Scelta come variabile indipendente lo spazio percorso dal magnete nel tubo si rilascia il magnete da differenti altezze misurando il relativo tempo di caduta
- Si ripete la misura per i differenti metalli dei tubi
- Si riportano sullo stesso grafico le varie serie di misurazioni
- Dal grafico si determina poi la velocità di caduta per ogni tubo

11

1^a Esperienza Metalli diversi

Tubo da 7 mm - METALLI A CONFRONTO - magnete piccolo



12

2^a Esperienza

- Stesso magnete
- **Diverso diametro interno dei tubi**
- Stesso metallo per tutti i tubi

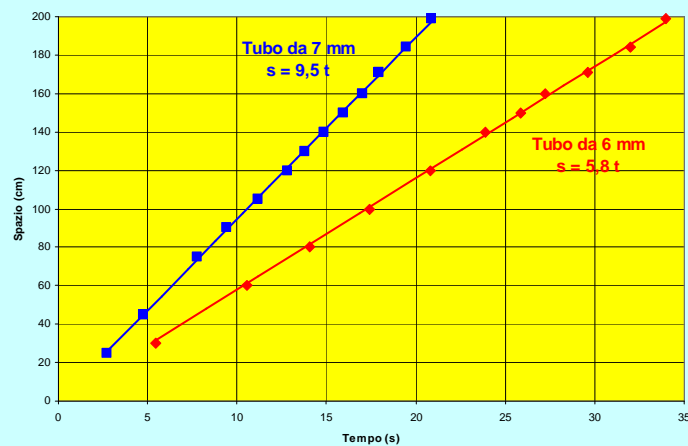
Esecuzione della misura

- Scelta come variabile indipendente lo spazio percorso dal magnete nel tubo si rilascia il magnete da differenti altezze misurando il relativo tempo di caduta
- Si ripete la misura per differenti diametri dei tubi dello stesso metallo
- Si riportano sullo stesso grafico le varie serie di misurazioni
- Dal grafico si determina poi la velocità di caduta nei vari casi

13

2^a Esperienza Diverso diametro interno dei tubi

Tubi di rame di diametro interno diverso - Magnete piccolo



14

3^a Esperienza

- Diverse dimensioni del magnete
- Stesso diametro interno dei tubi
- Stesso metallo per tutti i tubi

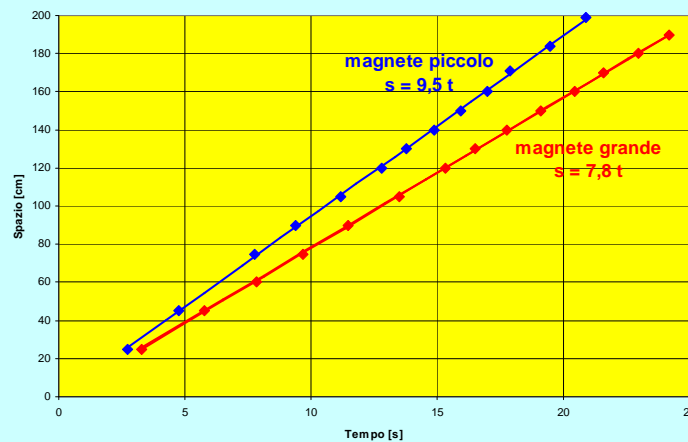
Esecuzione della misura

- Scelta come variabile indipendente lo spazio percorso dal magnete nel tubo si rilascia il magnete da differenti altezze misurando il relativo tempo di caduta
- Si ripete la misura per magneti di differenti dimensioni (magnete piccolo e magnete grande)
- Si riportano sullo stesso grafico le varie serie di misurazioni
- Dal grafico si determina poi la velocità di caduta nei vari casi

15

3^a Esperienza Magneti di dimensioni diverse

Tubo di RAME 7 mm - Magneti di dimensioni diverse



16

4^a Esperienza

- Diverso numero di magneti (tutti uguali)
- Stesso diametro interno dei tubi
- Stesso metallo per tutti i tubi

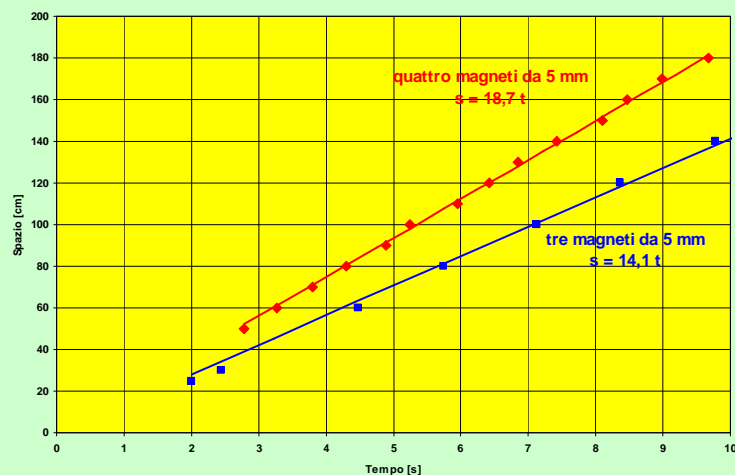
Esecuzione della misura

- Scelta come variabile indipendente lo spazio percorso dal magnete nel tubo si rilascia il magnete da differenti altezze misurando il relativo tempo di caduta
- Si ripete la misura per un numero diverso di magneti tutti uguali fra loro
- Si riportano sullo stesso grafico le varie serie di misurazioni
- Dal grafico si determina poi la velocità di caduta nei vari casi

17

4^a Esperienza Numero diverso di magneti

Tubi di ALLUMINIO da 7 mm - numero diverso di magneti



18

Alcune considerazioni sui risultati e proposte di lavoro

- La legge oraria è dello stesso tipo anche cambiando la natura del metallo, le dimensioni del tubo e il tipo di magnete
- Confrontando i risultati ottenuti nelle varie esperienze è possibile determinare in quali condizioni è più evidente l'effetto frenante dell'induzione magnetica
- Si può anche confrontare la velocità di caduta con la conducibilità dei vari materiali di cui è costituito il tubo e vedere se c'è una relazione ad esempio tra la costante K e la conducibilità del metallo