

Generació de corrent amb un camp magnètic variable.

Caiguda d'un imant a través d'un tub

Marina Aliaga Vicente
Mireia Plaza Verdú

IES Sixto Marco- Elx

Introducció

Deixem caure lliurement un imant a través d'un tub vertical. Aquest té uns bobinats iguals separats unes distàncies idèntiques i conegudes. En aquesta experiència es comprova com els imants, que creen un camp magnètic al voltant, indueixen un corrent elèctric en les bobines que travessen. També, s'estudia la influència del material del tub (conductor o isolador) sobre el moviment de l'imant en caure dins del tub.

Mentre l'imant cau per l'interior del tub, la tensió induïda a les bobines és enregistrada de forma automàtica amb l'equipament *Pasco*. A partir d'aquesta informació es troben les gràfiques i funcions $y = f(t)$ i $v = g(t)$, i es determina el tipus de moviment de l'imant durant la caiguda.

Fonamentació teòrica

Ens basem en la llei de Faraday, la qual diu que si un conductor es mou travessant les línies de força d'un camp magnètic, es produeix un corrent induït al conductor. També tenim en compte la llei de Lenz, que afirma que les corrents induïdes tindran un sentit tal que el camp magnètic associat s'oposa a la variació del flux magnètic que la produeix. Sobre l'imant, quan cau, actua el camp gravitatori terrestre (la força pes \mathbf{P}) i un camp magnètic induït \mathbf{B} (la força magnètica \mathbf{F}_B) de sentit oposat (Llei de Lenz).

- **Tub de Coure**

Com el tub i el bobinat són de coure es genera corrent induït major i un camp oposat també major. La conseqüència és que el \mathbf{B} associat al corrent induït en el tub de coure crearà una força sobre l'imant que, durant la caiguda, prompte iguala la força \mathbf{P} , $\sum \mathbf{F} = 0$, i l'imant acabarà caient amb MRU. A partir d'aleshores, si sempre va a la mateixa velocitat, es produeix el mateix corrent en cada una de les bobines successives.

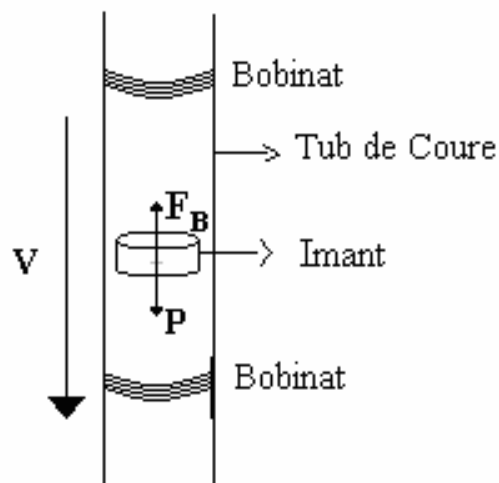


Figura 1. En el tub de coure prompte la força resultant és igualzero.

- **Tub de PVC**

Aquest tub és de material no conductor, i sobre ell no apareixeran corrents induïts, per tant com només el bobinat de coure és el que genera el \mathbf{B} induït, la força que s'oposa al moviment de

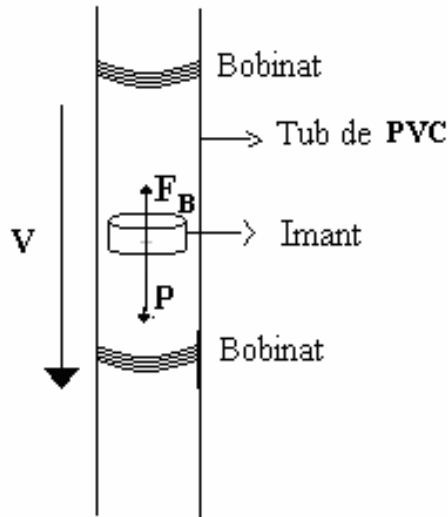


Figura 2. En el tub de PVC la força resultant és distinta de zero.

l'imant serà molt menor, i, en conseqüència, l'imant caurà amb MRUA. Quan major és la velocitat de l'imant més gran són els pic de la tensió induïda.

Materials i mètodes

S'han emprat dos tubs, un de coure i un altre de PVC, tots dos de 80 cm de llargària i 2,5 cm de diàmetre. Al voltant de cada tub hi ha uns bobinats de 2 cm (20 espires cada un) connectats en sèrie, i separats entre ells 10 cm. S'ha utilitzat un imant de neodimi de 2 cm de diàmetre. El sensor de voltatge està connectat al primer bobinat i a l'últim, i a l'ordinador o a una unitat enregistradora. El programa *Data Studio* mostrarà la gràfica de la variació de la diferència de potencial en cada bobina en funció del temps, $V-t$. Per seguretat s'ha de posar esponges baix els tubs per amortir la caiguda de l'imant.

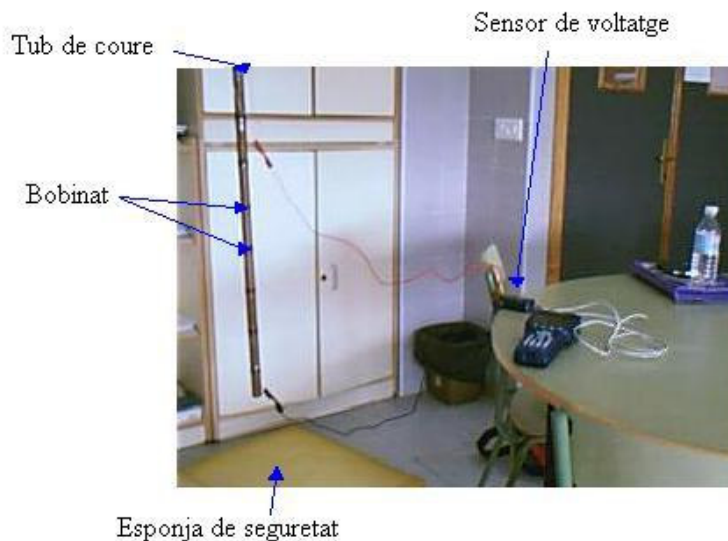


Figura 3. Distribució de les peces del muntatge.

L'experiència consisteix a deixar caure l'imant verticalment, per a que no fregue les parets del tub, per dins dels dos tubs de coure i de PVC. Mentre s'enregistra a l'ordinador la gràfica $V-t$ (voltatge), que serveix per conèixer el corrent que es produeix en cada cas i per determinar $X-t$ i $V-t$ (velocitat) en els dos tubs. Si coneixem la posició dels punts de màxim voltatge (el pas pel centre de les bobines) i en quin instant hi passen (a partir de gràfica $V-t$ (voltatge)) es determinen la gràfica anterior, $X-t$.

Resultats

S'han obtingut les gràfiques següents:

- **Tub de Coure**

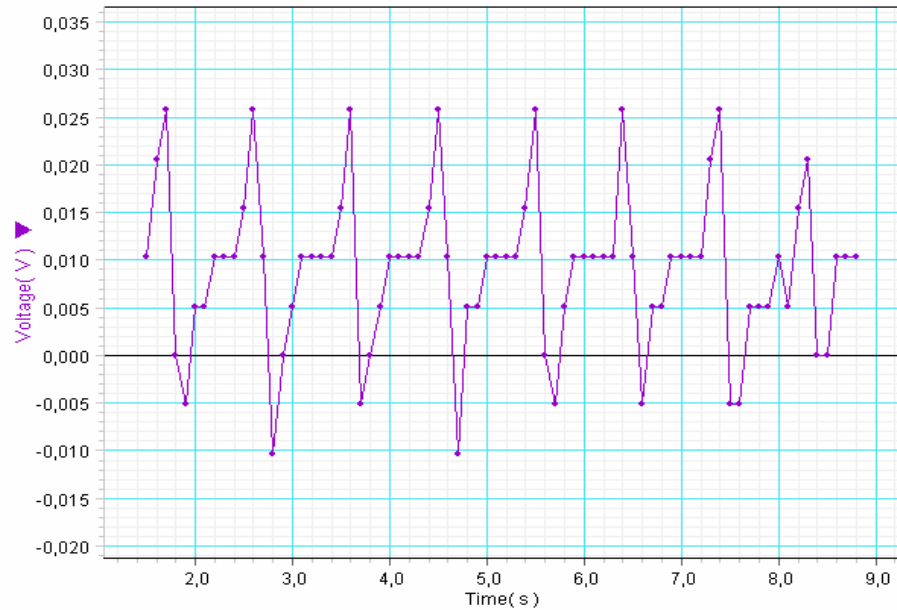


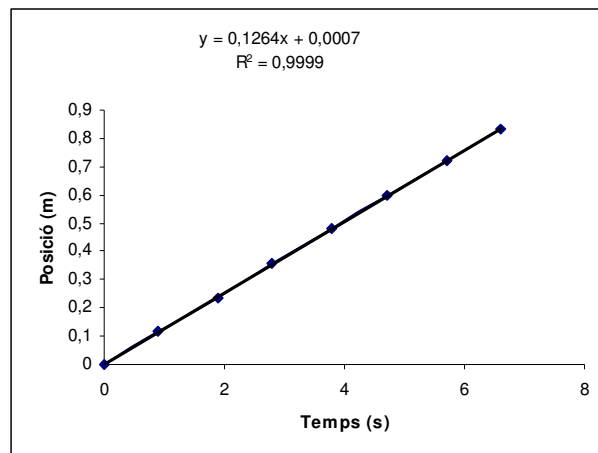
Figura 4. Tensió induïda en cada bobina del tub de coure en funció del temps.

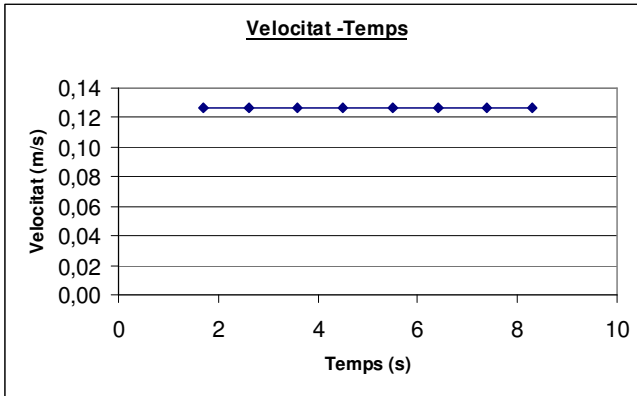
La gràfica de la figura 4 mostra la producció de corrent altern del mateix voltatge en cada bobina (excepte a l'última bobina, conseqüència de la fricció en una paret del tub).

El centre de cada oscil·lació correspon a l'instant en què l'imant es troba al centre de la bobina. En aproximar-se l'imant el Φ_B a una bobina comença a produir corrent, quan més s'apropa major és el \mathbf{B} i el corrent induïts i en el moment que ultrapassa el centre, canvia el sentit del corrent, i en allunyar-se disminueix el Φ_B i el voltatge disminueix.

A partir de la gràfica anterior i de les posicions del bobinat, que coneixem per mesura directa amb un regle, s'obté:

Temps (s)	Posició (m)
0	0
0,9	0,118
1,9	0,237
2,8	0,356
3,8	0,478
4,7	0,599
5,7	0,72
6,6	0,835





Figures 5 i 6. Aquestes gràfiques indiquen que l'imant presenta MRU quan cau per dins del tub de coure (variació de la posició directament proporcional al temps i velocitat constant).

L'equació de la posició-temps: $y = 0,13x - 0,000$ es correspon amb l'expressió de la posició per al MRU: $x = vt + x_0$, d'on s'extrau que la velocitat de l'imant, o velocitat límit, és 0,13 m/s.

- **Tub de PVC**

La figura 7 mostra la producció de corrent altern de potencials màxims creixents. A les últimes bobines es produeixen uns pics en la diferència de potencial major.

De la mateixa forma que a la gràfica del tub de coure, els punts màxims i mínims representen la proximitat o llunyania de l'imant respecte a una bobina.

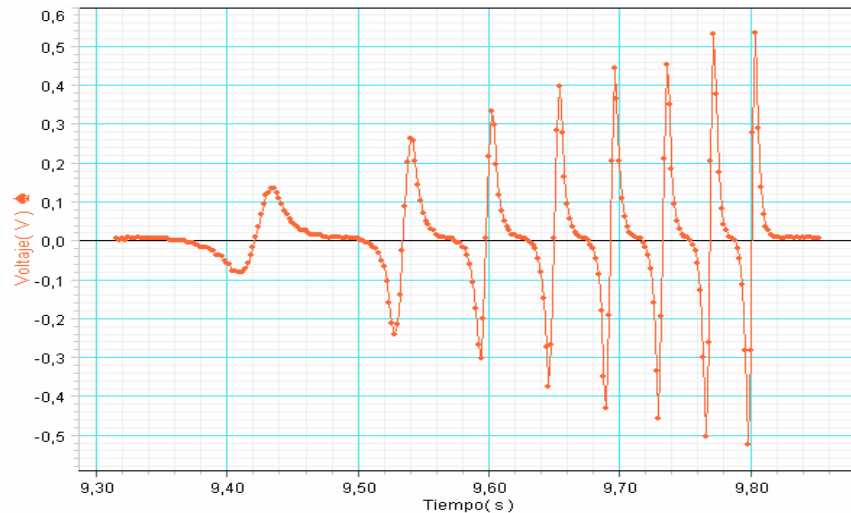
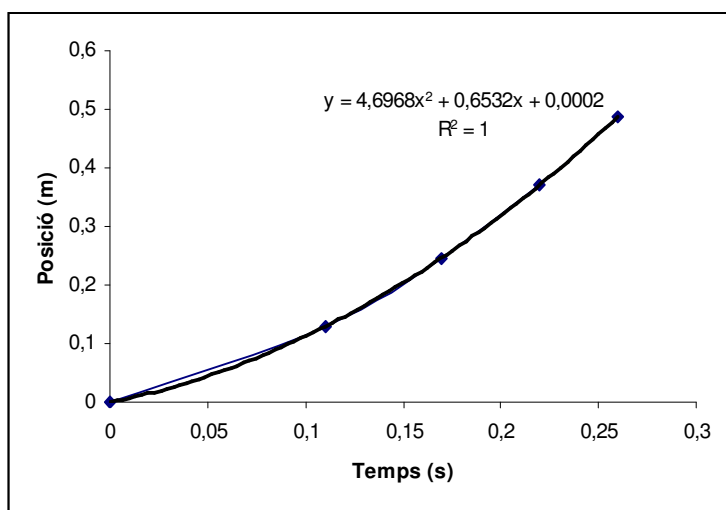


Figura 7. Tensió induïda en cada bobina del tub de coure en funció del temps.

A partir de la gràfica anterior i de les posicions del bobinat, que coneixem per mesura directa, s'obté:

Temps	Posició
0	0
0,11	0,13
0,17	0,246
0,22	0,371
0,26	0,488



Figures 8. Representa la posició de l'imant quan cau per l'interior del tub de PVC, en funció del temps.

Les gràfiques de les figures 8 i 9 indiquen que l'imant presenta MRUA per dins del tub de PVC (la $X-t$ és una paràbola i la velocitat és directament proporcional al temps, l'acceleració és constant).

L'equació de la posició-temps: $y = 4,7X^2 - 0,65x + 0,00$ es correspon amb l'expressió de la posició per al MRUA: $x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + x_0$, d'on s'extrau que l'acceleració del cos és $2 \cdot 4,7 = 9,4 \text{ m/s}^2$.

La gràfica de la posició no presenta les últimes tres dades, corresponents a les últimes tres bobines, ja que es va produir una alteració com es veu a la gràfica de la velocitat, variació resultant d'un xoc amb les parets del tub.

Discussió

S'ha comprovat que en fer travessar un imant per dins d'una bobina, el flux magnètic varia sobre els fils de coure i produeix corrent elèctric induït, amb independència del material del tub pel que passe l'imant.

Aquest corrent generat és altern, canvia la polaritat en canviar d'apropar-se a allunyar-se l'imant a la bobina.

El material del tub influeix en el moviment de l'imant per dins del tub. El de coure genera un camp induït de sentit contrari a la variació del flux (cap a dalt) que s'igualava a la força pes i l'imant presenta MRU, és a dir, la velocitat és constant i es genera sempre la mateixa quantitat de corrent en cada bobina. En la gràfica, l'última secció és més petita que la resta perquè l'imant va tocar les parets i disminuï la velocitat.

El tub de PVC no és conductor i, per tant, no influeix en l'imant, aquest cau atret per la gravetat amb MRUA; com va augmentant la seua velocitat produeix cada vegada més corrent induït a les bobines. La desigualtat de la seua velocitat en un punt del final es conseqüència d'un xoc de l'imant amb les parets del tub. L'acceleració del cos obtinguda ($9,4 \text{ m/s}^2$) és menor que la corresponent a l'acció de la gravetat sobre un cos en caiguda lliure ($9,8 \text{ m/s}^2$), perquè al caure l'imant pel tub està sotmés a una fricció de l'aire i, a més major que si no haguera tub.

Bibliografia

Tipler (1996), *Física*, Editorial Reverté.