

Energia dissipada en el bot d'una pilota

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1/2 hora per a l'experimentació.
- 1 hora per a respondre el qüestionari.

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de 2n de batxillerat

Metodologia

- L'experiment permet aplicar el principi de conservació de l'energia (al moviment de caiguda de la pilota) i el principi de dissipació de l'energia (al xoc inelàstic amb el terra) i constatar que el percentatge d'energia dissipada en cada bot es manté aproximadament constant. Les variacions trobades poden atribuir-se al fet que els bots de la pilota no tenen lloc exactament en la mateixa vertical, per la qual cosa la distància del sensor a la pilota varia. Per aconseguir bons resultats cal que el terra sigui ben pla i horitzontal.
- És important insistir en l'arbitrarietat en l'elecció de l'origen de posicions i del sentit positiu per a posicions i velocitats. El mateix es pot dir del nivell de referència zero per a la energia potencial gravitatòria i assenyalar el fet que la variació només depèn de la diferència d'altures.
- La referència al coeficient de restitució pot obviar-se, tret que el nivell de l'alumnat permeti la introducció. No així, la consideració de l'elasticitat dels xocs en base a la conservació o no de l'energia cinètica.
- En general, el càlcul de l'energia dissipada a partir de les velocitats obtingudes per derivació del gràfic *posició-temps*, dona pitjors resultats que les calculades a partir de les altures, a no ser que el gràfic obtingut sigui molt regular. La raó és que són mesures més indirectes. Tanmateix és interessant que els alumnes constatin la variació experimentada per la velocitat (mòdul i direcció) en cada xoc.
- En el gràfic *v-t* dels bots de la pilota (figura 2) es pot constatar que el pendent de les diferents dents (l'acceleració de caiguda) és manté constant i que l'àrea limitada per aquest gràfic i l'eix de temps (el desplaçament) decreix amb el quadrat del temps.

Proposta d'ampliació

- L'experiment es pot ampliar per plantejar-lo com una investigació en la qual s'estudiaria l'efecte del tipus de terra (per exemple, rajoles, parquet, moqueta, herba, terra, etc.) i del tipus de pilota (bàsquet, tennis, golf, ping-pong, etc.) sobre l'energia dissipada en cada bot. Cal tenir en compte que si la pilota és petita serà més difícil obtenir un gràfic adient.

Orientacions tècniques

- Cal recordar que el sensor de distància necessita l'adaptador de c.c. per funcionar i que mesura a partir de 0,40 m.
- No es necessari calibrar el sensor de distància. La variació de la velocitat dels ultrasons amb la temperatura no afectarà a les conclusions.
- Cal seleccionar en la interfície l'opció 0,4-2 m per al sensor de distància.
- És difícil obtenir un gràfic *posició-temps* amb una sèrie regular de paràboles. Per aconseguir-ho cal que la pilota boti en la mateixa vertical, cosa que implica que el terra sigui pla i horitzontal, i el pla equatorial de la pilota ha de ser paral·lel al terra en el moment de deixar-la anar. Segurament caldrà repetir la captació de dades fins aconseguir un gràfic adient.
- Si el gràfic *posició-temps* presenta molt soroll caldrà allisar-lo seleccionant-lo amb un cursor i clicant, a continuació, el botó **Més suau** abans d'obtenir la derivada.

Conclusions

Resultats esperats

- El percentatge d'energia dissipada en cadascun dels bots de la pilota és aproximadament constant. Les diferències resulten més acusades quan els bots són menys regulars.
- El percentatge d'energia dissipada varia amb el tipus de pilota, si està més o menys d'inflada i, també, amb el tipus de terra. En un xoc perfectament elàstic no hi hauria cap pèrdua.
- Els resultats per a una pilota de plàstic i un terra de *terrazo* (figura 1 i figura 2) són els mostrats a les taules 1 i 2. Tenint en compte el rang dels sensors, els resultats s'han de donar amb dues xifres malgrat que les lectures en donen més.

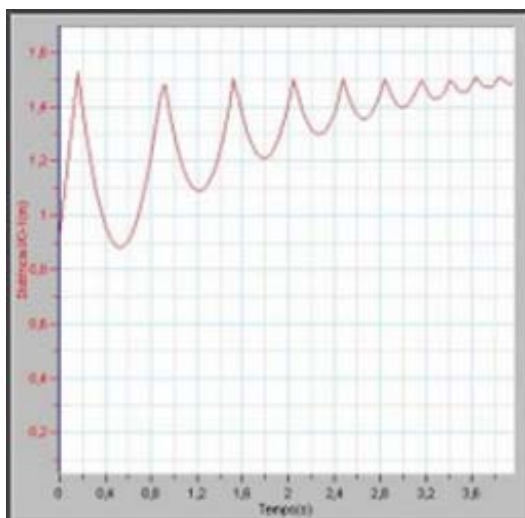


Figura 1

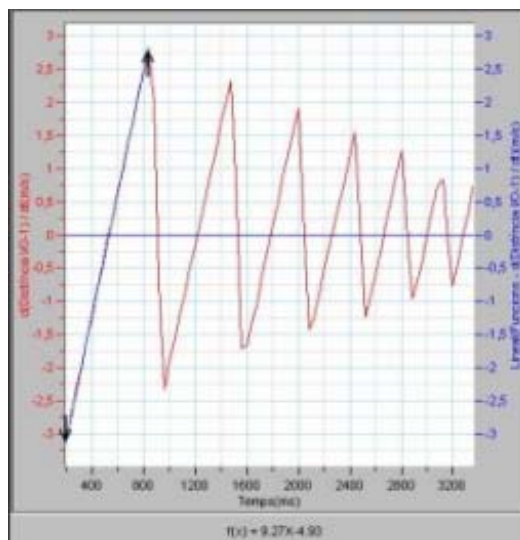


Figura 2



Seleccionant amb els cursors un tram del gràfic *velocitat-temps* i clicant el botó **Ajust lineal**, es pot trobar el pendent de la recta que dona l'acceleració de caiguda. Per a la pilota de plàstic usada en l'experiment de la figura 2, surt un valor de $9,3 \text{ ms}^{-2}$. Utilitzant una pilota de bàsquet (més densa) es pot obtenir un valor més proper a $9,8 \text{ ms}^{-2}$.

Taula 1

h_n (cm)	0,6026	0,4117	0,2926	0,2009	0,1453	0,1066	0,0694
$h_n - h_{n+1}$ (cm)	0,1909	0,1791	0,0917	0,0556	0,0387	0,0372	
$(h_n - h_{n+1})/h_n$	0,32	0,30	0,31	0,28	0,27	0,35	

Taula 2

v (m/s)	2,79	-2,32	2,33	-1,70	1,92	-1,43	1,55	-1,21	1,27	-0,96	0,84	-0,78
E_c (J)	7,78A		5,43A		3,68A		2,40 A		1,61A	0,92A		0,61A
ΔE_c (J)	2,36A		1,75A		1,28A				0,79A	0,69A		0,31A
$\Delta E_c/E_c$	0,30		0,32		0,35				0,33	0,43		0,34

Respostes al qüestionari

- En el gràfic obtingut, l'origen de posicions és el sensor i el sentit positiu va cap avall.
- En el gràfic *velocitat-temps* obtingut per derivació, la velocitat és positiva quan s'apropa a terra i negativa quan se n'allunya.
- Els percentatges de l'energia dissipada que resulten de les dades de la taula 1 són: 32%, 30%, 31 %, 28 %, 27% i 35%. Tanmateix, tenint en compte que la segona xifra és dubtosa, el percentatge es manté constant al voltant del 30 %.
- Quan s'utilitzen els valors de la taula 2, els percentatges d'energia dissipada són: 30%, 32%, 35 %, 33 %, 43% i 35%. Els percentatges de pèrdua surten una mica més alts que quan es calculen a partir de les dades de la taula 1 i són (tret del valor 43%)pràcticament constants.
- El valor mitjà de l'energia dissipada en un i altre cas és del 31 % i de 35 %, respectivament. El primer valor és, segurament, més bo perquè s'ha obtingut a partir de dades més directes.
- Els xocs de la pilota amb el terra no són perfectament elàstics ja que no es conserva l'energia cinètica.
- Com que $v_2 = 0$ (el segon cos està inicialment en repòs) i $m_2 \gg m_1$ (m_1 = massa de la pilota i m_2 = massa de la Terra) de l'aplicació del principi de conservació de la quantitat de moviment en resulta $v'_2 \approx 0$. Per tant: $e = -\frac{v'_1}{v_1}$.
- D'acord amb l'expressió anterior resulten els valors següents per al coeficient de restitució: 0,84, 0,82, 0,81, 0,82, 0,76 i 0,82.
- El valor mitjà del coeficient de restitució és 0,82.

10. De la conservació de la quantitat de moviment i de l'energia cinètica, per a un xoc frontal perfectament elàstic és $v'_1 - v'_2 = -(v_1 - v_2)$ i, per tant, $e = 1$.
11. Sí, perquè e és menor que 1.