El moviment harmònic simple

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 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 visualitzar que tant l'elongació com la força són funcions sinusoïdals del temps i que tenen el mateix període. Aquest es pot determinar i comparar amb el valor teòric.

- En aquest experiment ens interessa mesurar la força que actua sobre la massa. Tanmateix, el sensor mesura, per defecte, la força que actua sobre ell mateix, que té el sentit contrari a la força que actua sobre la massa. El programa **Multilab** permet, obtenir el gràfic de la força que actua sobre la massa seleccionant, a l'inici de la configuració, l'opció **Estirar positiu** del sensor de força. És important que l'alumnat faci l'esquema de forces que actuen sobre la massa i sobre el sensor per tal d'ajudar a comprendre el canvi que s'ha de realitzar.

- Feu notar que l'origen de la posició x de la massa, donada pel gràfic, és el del sensor de distància i que el valor absolut de la força F és l'increment experimentat per la força que actua sobre el sensor de força en la posició d'equilibri, és a dir, respecte del pes del portapesos amb la seva càrrega (suposem negligible la massa de la molla).

- El gràfic F-x mostra que la relació entre la força i l'elongació és lineal, és a dir, que la molla compleix la llei de Hooke i l'opció **Ajust lineal** permet determinar la constant recuperadora que ve donada pel pendent de la recta.

- Les qüestions relacionades amb l'equació del moviment poden obviar-se si es considera que resulten molt difícils per a l'alumnat o treballar-los únicament amb alumnes amb un bon nivell matemàtic.

- Una altra qüestió important, per la confusió que sovint té l'alumnat sobre el particular, és destacar que l'origen de temps és el moment en què es comença a mesurar i no el moment en que s'inicia el moviment.

Orientacions tècniques

- Perquè els gràfics surtin regulars cal que la massa oscil·li regularment. Per aconseguir-ho cal subjectar amb fermesa dobles nous i mordasses, així com fixar la molla al sensor de força i al portapesos mitjançant una mica de plastilina o de Blu-tack.

- Si no s'ha seleccionat l'opció del sensor de força **Estirar positiu**, la força sortirà negativa i en fase amb la posició, ja que és la força que actua sobre el sensor i no sobre la massa. El problema es pot solucionar anant al menú **Anàlisi** i seleccionant, per a la força:

Ajudant d'anàlisi → Funció → Absoluta

- Si el gràfic *x-t* surt amb molt "soroll", caldrà suavitzar-lo fent ús del botó **Més suau** abans d'obtenir la velocitat per derivació i el mateix s'haurà de fer amb el gràfic *v-t*, abans d'obtenir l'acceleració.

- Per obtenir bons resultats el conjunt ha d'oscil·lar amb suavitat. Per aconseguir-ho caldrà posar en el portapesos els pesos adients (més massa quan més gran sigui la constant de la molla) .

Conclusions

Resultats esperats

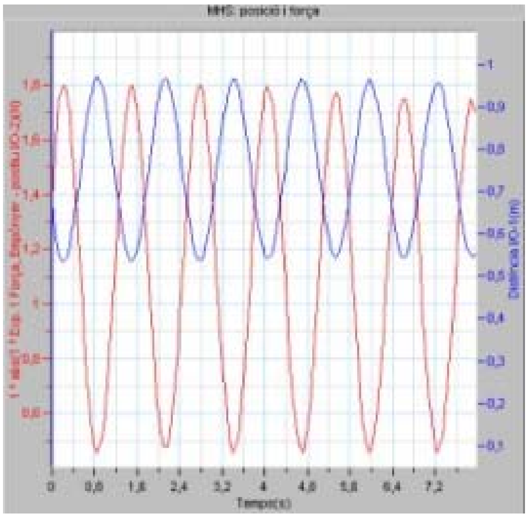


Figura 1

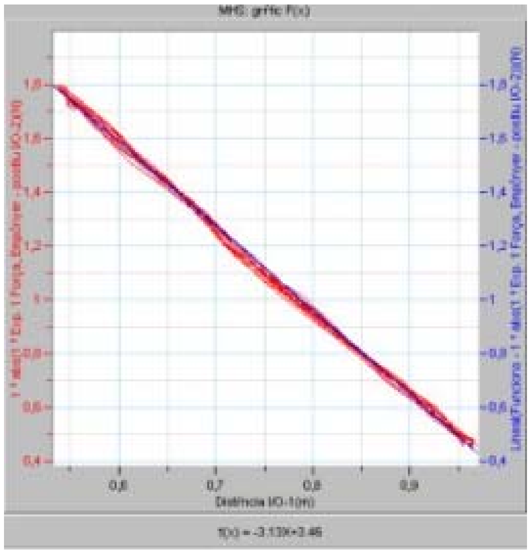
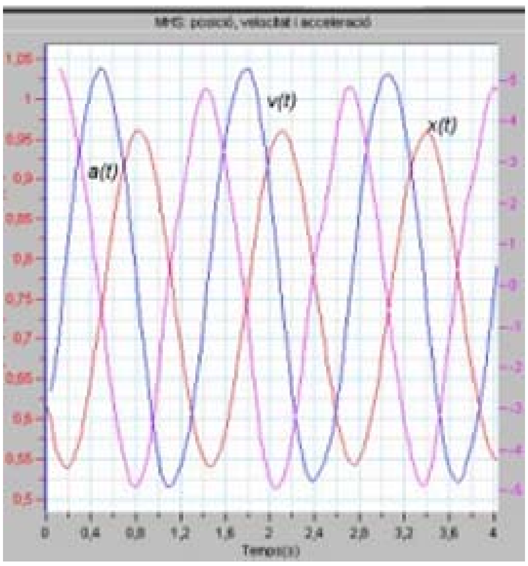


Figura 2



El gràfics de les figures 1, 2 i 3, s'han obtingut emprant una molla de constant 3 N m^{-1} i una massa total(pesos més portapesos) de 120 g.

Si es vol canviar el sistema de referència de manera que la posició i la força resultin nul·les per a la posició d'equilibri s'ha de clicar:

Ajudant d'anàlisi -> Funcions -> Lineal

Seleccionar, primer, Exp3 – Distància i fer C_1= -x_0 (-0.751m). A continuació fer el mateix però, seleccionant Exp3 – Força i fer C_1= -f_0 (-1.126m).

Els resultats per a fer C_1= -x_0 = -0.751m i C_1= -f_0 = -1.126m N es mostren a la Figura 6.

Respostes al qüestionari

2. L'aspecte dels gràfics *x* (*t*) i *F*(*t*) indica que, com prediu la teoria, tant la posició com la força són funcions sinusoïdals del temps.

3. Les funcions *x* (*t*) i *F*(*t*) tenen el mateix període, però entre elles hi ha una diferència de fase de π radiants (estan en oposició).

Figura 3

4. D'acord amb el gràfic de la figura 1:

$$T = \frac{6{,}44\ \mathrm{s}}{5} = 1{,}29\ \mathrm{s}; \quad f = 0{,}16\ \mathrm{Hz} \times 5 = 0{,}80\ \mathrm{Hz}$$

5. L'equació donada per l'ajust lineal és:

$$F(x) = -3{,}13x + 3{,}46$$

Per tant, k = 3,13 N m^{-1}. El valor donat pel fabricant és de k = 3 N m^{-1}.

6. El valor teòric, a partir dels valors donats pel fabricant de masses i molla és:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}12\ \mathrm{kg}}{3\ \mathrm{Nm}^{-1}}} = 1{,}3\ \mathrm{s}; \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1{,}26\ \mathrm{s}} = 0{,}80\ \mathrm{Hz}$$

Valors que concorden amb els obtinguts experimentalment.

7. El valor pic a pic per al gràfic *x-t* és, en valor absolut; 0,43 m. Per tant, l'amplitud de l'oscil·lació és::

$$A = \frac{0{,}43\ \mathrm{m}}{2} = 0{,}215\ \mathrm{m} \approx 0{,}22\ \mathrm{m}$$

8. El valor pic a pic per al gràfic *F-t* és, en valor absolut, 1,34 N. Per tant, el valor màxim de la força recuperadora és:

$$F_{màx} = \frac{1{,}34\ \mathrm{N}}{2} = 0{,}67\ \mathrm{N}$$

9. La relació entre dos valors corresponents de força i amplitud ha de donar la constant recuperadora com, en efecte, dóna:

$$\frac{F}{x} = \frac{0{,}67\ \mathrm{N}}{0{,}215\ \mathrm{m}} = 3{,}1\ \mathrm{Nm}^{-1}$$

10. Quan es deixa anar la massa, el desplaçament respecte de la posició d'equilibri x-x_0 és màxim i cap avall, mentre que la velocitat *v* és nul·la i l'acceleració *a* i la força *F* són màximes però cap amunt. A mesura que la massa puja, *x* i *a* disminueixen i *v* creix, i arriba al màxim en la posició d'equilibri, on *x, a i F són* 0. Per inèrcia, la massa sobrepassa la posició d'equilibri, la força i l'acceleració comencen a créixer cap avall, mentre que la posició creix cap amunt i la velocitat disminueix i s'anul·la quan la massa arriba al punt més alt on *x, F* i *a* són màximes. A partir del punt més alt, la massa accelera cap avall, i passa amb velocitat màxima per la posició d'equilibri, a partir de la qual frena cap amunt i s'atura,

momentàniament, en la posició de partida per repetir el moviment que continuaria indefinidament si no hi hagués amortiment.

11. Com que x_0 = 0,755 m, l'ordenada en l'origen (prenent com a zero la posició d'equilibri) és x = -0,68 m + 0,755 m = 0,075 m i substituint aquest valor en l'equació del moviment, resulta:

$$-0{,}075 = 0{,}215 \sin \varphi \quad \rightarrow \quad \sin\varphi = -\frac{0{,}075\ \mathrm{m}}{0{,}215\ \mathrm{m}} \quad \rightarrow \quad \varphi = -0{,}356\ \mathrm{rad}$$

I l'equació del moviment serà:

$$x = 0{,}215 \sin (4{,}88t - 0{,}356) \quad \text{(unitats SI)}$$

12. Els valors màxims de la velocitat i de l'acceleració obtinguts per derivació de l'equació anterior són, respectivament, 1,0 i 5,1 m s^{-2}, mentre que els obtinguts a partir del gràfic són, respectivament, 1,0 i 5,3 m s^{-2}.