

El moviment harmònic simple

Objectiu

- Obtenir i interpretar els gràfics $x-t$ i $F-t$ per a una massa que oscil·la penjada d'una molla, comparar l'un amb l'altre i utilitzar-los per determinar el període i la freqüència d'oscil·lació.
- Obtenir el gràfic $F-x$ per a una massa que oscil·la penjada d'una molla i utilitzar-lo per determinar la constant recuperadora.
- Obtenir i interpretar els gràfics $v-t$ i $a-t$ i utilitzar-los per descriure el moviment.

Introducció

El període d'oscil·lació d'un bloc de massa m penjat d'una molla de constant k és independent de l'amplitud de l'oscil·lació i ve donat per:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

El moviment s'anomena harmònic simple perquè tant la posició x com la força recuperadora F , són funcions harmòniques del temps entre les quals hi ha la relació:

$$F = -kx$$

El signe menys indica que entre la força i la posició hi ha un desfasament de π radianis.


La constant recuperadora k es pot obtenir com a pendent del gràfic $F-x$.

Equipament

<p>Material de laboratori</p> <ul style="list-style-type: none"> - Portapesos (10 g) - Pesos de 10 g i 50 g - Molla (p. e. de $k = 3 \text{ N m}^{-1}$) - Mordassa de taula - Peu - Barreta llarga - Barreta curta - Doble nou - Cinta mètrica 	<p>Elements de l'equip Multilog</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interfície amb cable USB i Adaptador AC-DC (el sensor de distància no funciona amb la pila de la interfície i és recomanable el seu ús amb el sensor de força) - Sensor de distància (rang: 0,4 a 2 m; resolució: 4,9 mm; exactitud: 3 % del rang; Angle de recepció $\pm 15^\circ$ a $\pm 20^\circ$) - Sensor de força (rang: $\pm 10 \text{ N}$; resolució: 0,12 N) <p>Ordinador</p>
---	---

Procediment

Muntatge de l'experiència

1. Un cop calibrat el sensor de força (vegeu com fer-ho a la pàgina següent) munteu-lo, amb l'ajut de la mordassa de taula, la nou i les barretes, de manera que quan es pengi la molla amb el portapesos i els pesos del ganxet, la base del portapesos quedi a uns 75 cm de terra (vegeu figura 1).
2. Situeu el sensor de distància, muntat en un suport, a terra, enfocat directament cap a la base del portapesos.
3. Connecteu els sensors de distància i de força a les entrades 1 i 2 del **Multilog**.
4. Engueu el **Multilog** i l'ordinador.
5. Connecteu el **Multilog** a l'ordinador.
6. Obriu el programa **Multilab** clicant la icona  de l'arxiu Batxillerat Científic.

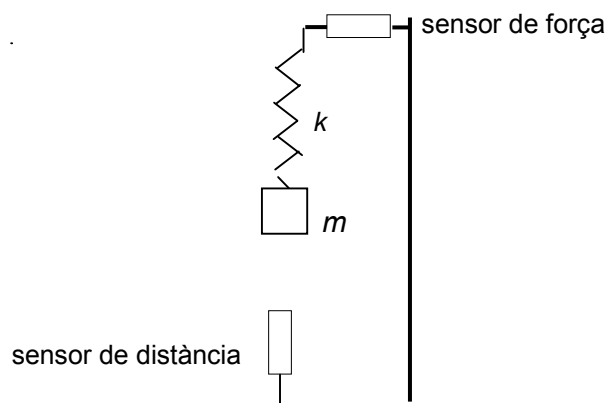
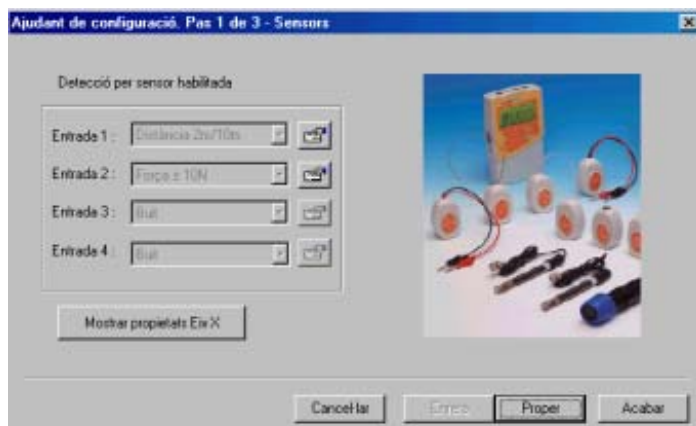


Figura 1

Configuració del sistema

Configureu el programa **Multilab** seguint les instruccions següents:



1. Cliqueu el  botó **Ajudant de configuració**. S'obrirà una finestra en la qual apareixeran els sensors connectats i l'escala:

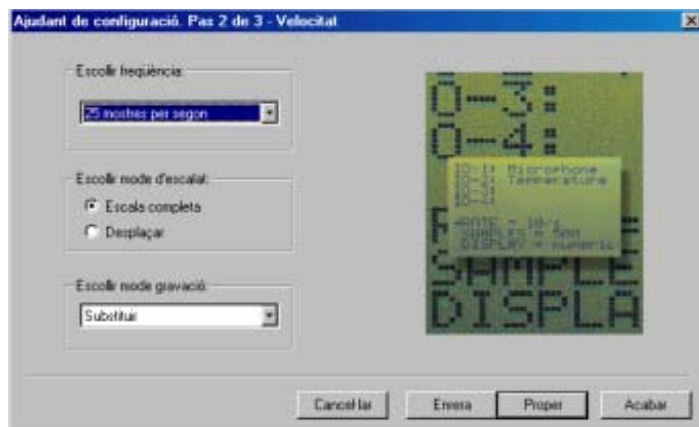
Distància: **2m/10 m**

Força: **±10 N**

- Cliqueu el botó situat a la dreta del sensor de força i seleccioneu:

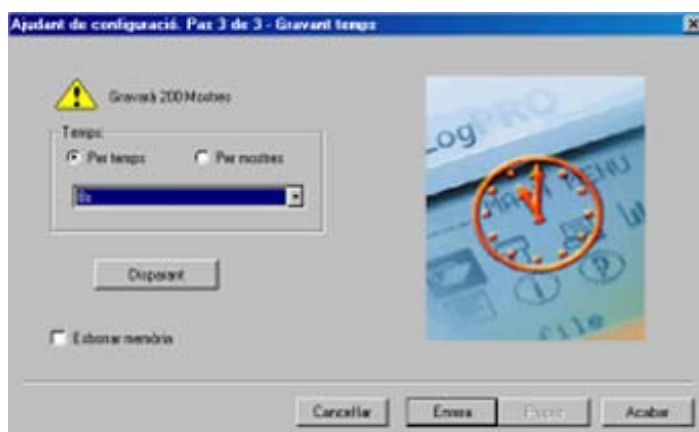
Força: **Tirar-positiu** (N). D'aquesta manera aconseguireu que a la pantalla aparegui la força que actua sobre la massa (pesos i portapesos) i no la que actua sobre el sensor.

2. Cliqueu **Proper** per obrir la finestra següent on seleccionareu:



Freqüència: **25 mostres per segon**
 Mode d'escalat: **Escala completa**
 Mode de gravació: **Substituir**

3. Cliqueu **Proper** per passar a la finestra següent.




4. Seleccioneu:



Per temps: **8 s**
 i cliqueu **Acabar**

Predicció








A la pantalla de l'ordinador apareixeran, en funció del temps, els gràfics de la posició de la massa i de la força que la massa exerceix sobre el sensor de força. Abans d'obtenir-los, intenteu dibuixar, de manera aproximada, la forma que al vostre parer tindran aquests gràfics. Tingueu en compte: el tipus de moviment, que les posicions es mesuren respecte del sensor de distància i que la força és la variació respecte al valor inicial. Aquest valor no és zero sinó que és el pes de portapesos i pesos (considerem negligible la massa de la molla). Dibuixeu, també, els gràfics *velocitat-temps* i *acceleració-temps*.

Execució de l'experiència

1. Abans de penjar la molla el sensor de força caldrà calibrar-lo en posició vertical. A tal efecte, feu una primera mesura clicant el botó **Executar** . La força enregistrada ha de ser zero o el valor de la resolució (0,12N).

2. Pengeu la molla del sensor de força i fixeu-la pels dos extrems (al sensor i al portapesos) amb una mica de plastilina o de Blu-tack.
3. Poseu al portapesos les peses necessàries perquè oscil·li suaument. Anoteu el valor de la massa total (pesos més portapesos).
4. Desplaceu la massa de la posició d'equilibri i quan oscil·li de manera regular comenceu de nou la captació de dades.
3. Cliqueu el botó **Editar gràfic** . Doneu nom a la finestra i incorporeu-la al projecte amb l'opció **Afegir a projecte**  del menú **Gràfic**.

Anàlisi i tractament de les dades

1. Cliqueu els botons **Commutar primer cursor**  i **Commutar segon cursor** , i seleccioneu, amb els cursors, un tros de gràfic $x-t$ (o del gràfic $F-t$) que inclogui, com a mínim, cinc crestes de la sinusoïde. Determineu el període d'oscil·lació de la massa a partir del tram seleccionat.
2. Per obtenir el gràfic $F = f(x)$, cliqueu el botó **Editar Gràfic**  i seleccioneu a l'eix x , **Exp3: distància**, a l'eix y , **Exp3: força**, i, a continuació, cliqueu **Acceptar**.
3. Cliqueu **Editar gràfic**, doneu nom a la nova finestra i incorporeu-la al projecte.
4. Cliqueu el botó **Ajust lineal**  després de seleccionar (si cal), amb els botons de cursor, la part més lineal de gràfic $F = f(x)$. Anoteu l'equació que aparegui. El pendent de la recta trobada és la constant de la molla. Afegiu el nou gràfic al projecte.
5. Torneu a obtenir el gràfic $x-t$, cliqueu el botó **Editar Gràfic** i seleccioneu a l'eix x , **temps** i, a l'eix y , **Exp3: distància** i, a continuació, cliqueu **Acceptar**.
6. Per obtenir el gràfic $v-t$, seleccioneu amb els cursors la totalitat del gràfic $x-t$ i cliqueu el botó **Derivatiu** . Per obtenir una corba més regular elimineu "el soroll" del gràfic $x-t$, clicant, abans de derivar, el cursor **Més suau** . Doneu nom a la finestra i incorporeu-la al projecte. 
7. Per obtenir el gràfic $a-t$, seleccioneu amb els cursors la totalitat del gràfic $v-t$ i cliqueu el botó **Derivatiu**. Per obtenir una corba més regular elimineu "el soroll" del gràfic $v-t$, clicant, abans de derivar, el cursor **Més suau**. Doneu nom a la finestra i incorporeu-la al projecte.
8. Finalment, emmagatzemeu el projecte en un disquet amb l'opció **Guardar com** del menú **Arxiu**.

Qüestionari

1. Compareu els vostres gràfics amb els obtinguts experimentalment i comenteu les similituds i les diferències.
2. Com depenen, la posició x i la força F , del temps?
3. Quina relació hi ha entre les funcions $x(t)$ i $F(t)$, respecte a la fase i al període?

4. Amb quin període i amb quina freqüència oscil·la la massa?
5. Compareu els valors teòric i experimental del període d'oscil·lació de massa i discutiu les possibles discrepàncies.
6. Quin és el valor de la constant de la molla? Compareu el valor obtingut amb el donat pel fabricant.
7. Determineu, a partir del gràfic $x-t$, l'amplitud de l'oscil·lació.
8. Determineu, a partir del gràfic $F-t$, el valor màxim de la força recuperadora que actua sobre la massa.
9. Quina relació hi ha entre els valors obtinguts a les qüestions 7 i 8?
10. Descriviu, de manera qualitativa, el moviment de la massa comparant els gràfics $x-t$, $v-t$ i $a-t$. Quina relació hi ha, respecte a la fase, entre la posició x i la velocitat v ? I entre la posició x i l'acceleració a ?
11. Escriviu l'equació del moviment, prenent com a zero la posició d'equilibri, determinant prèviament, les constants adients. Per calcular la fase inicial φ , haureu de determinar el valor d' x per a $t = 0$.
12. A partir de l'equació anterior, determineu el valor màxim de la velocitat i de l'acceleració de la massa i compareu-los amb els obtinguts a partir dels corresponents gràfics.

Informe

Redacteu un informe de l'experiment. En aquest informe s'han de distingir clarament tres parts: *introducció*, *realització* i *conclusió*. A més, l'informe ha d'incloure les respostes al qüestionari anterior.