

9. Conservació de l'energia mecànica en una molla oscil·lant

Objectius

- Observar les transferències d'energia que tenen lloc quan una massa oscil·la penjada en una molla.
- Fer les mesures adequades per tal de comprovar si es conserva l'energia mecànica durant l'oscil·lació del sistema massa-molla.

Introducció

L'energia mecànica d'una massa oscil·lant penjada a l'extrem d'una molla es conserva. Per tant es compleix que la variació de l'energia mecànica del sistema massa-molla és zero.

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p(\text{elas}) + \Delta E_p(\text{grav}) = 0$$

En deformar una molla, estirant-la o comprimint-la una distància x , fem un treball que s'emmagatzema com a energia potencial elàstica i en forma d'energia potencial gravitatòria mentre dura la deformació.

L'energia potencial elàstica es calcula:

$$E_p(\text{elastica}) = \frac{1}{2}Kx^2 \text{ tenint en compte que val zero quan no hi ha deformació.}$$

L'energia potencial gravitatòria es calcula:

$$E_p(\text{gravitatoria}) = mgh, \text{ sent } h \text{ l'altura de cos (per sobre positiva i sota negativa) respecte al nivell on prenem la } E_p = 0.$$

Si s'estira una molla amb una massa penjada i es deixa oscil·lar es produeixen transferències d'energia. Per determinar-les cal establir els nivells de referència adequats per l'energia potencial elàstica i l'energia potencial gravitatòria.

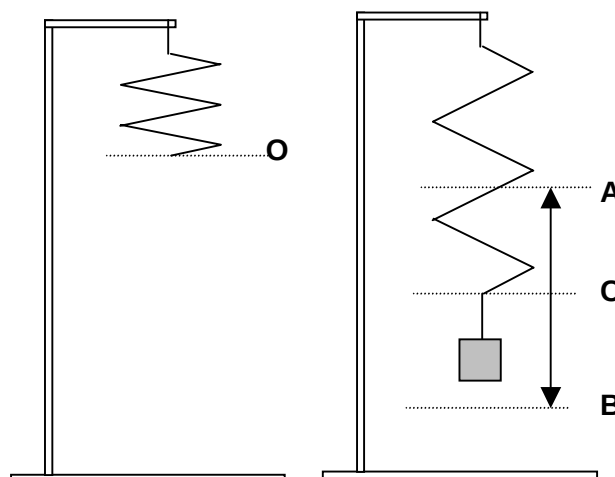
Material

– Molla de constant coneguda	– Regle amb suport i tres indicadors
– Suport, nou i pinça	– Portapesos i pesos (40 a 60 g)

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència

1. Subjecta la molla amb la pinça, tal com es veu a la figura i assenyala la darrera anella de la molla amb un dels indicadors del regle (punt O).
2. Penja de la molla el portapesos amb un pes determinat i deixa-ho al punt d'equilibri (punt C).
3. Desplaça el pes cap avall (punt B) i deixa que oscil·li. Assegura't que l'oscil·lació sigui lenta per tal de poder localitzar els



extrems de l'oscil·lació (punts A i B).

- Assenyala els punts A i B amb els indicadors del regle. Els punts O, A i B s'han fixat prenent com a referència la darrera anella de la molla.

Adquisició i enregistrament de les dades

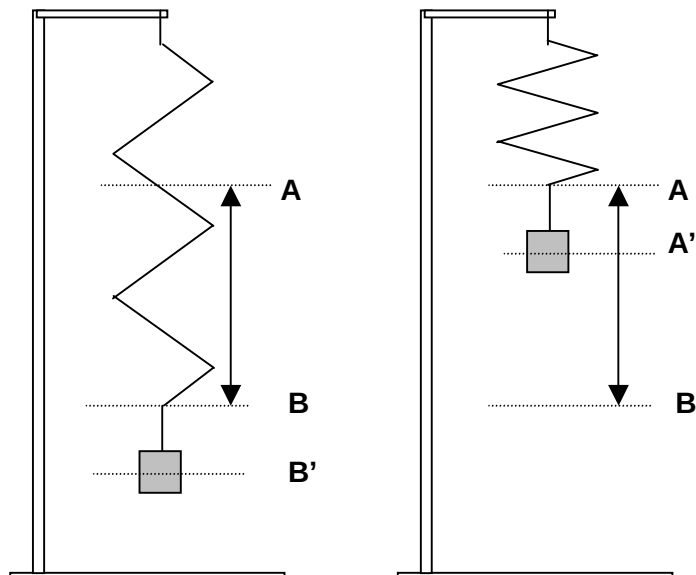
El punt A correspon a la màxima oscil·lació de la molla i el punt B al màxim allargament. El punt C és el punt d'equilibri del sistema.

Estableix els nivells de referència de les energies potencials.

El zero d'energia potencial elàstica és el del punt ja que en aquesta posició la molla no està deformada.

Mirant els esquemes de la dreta, el zero d'energia potencial gravitatòria és el del punt ja que és la posició més baixa de la massa.

En primer lloc cal mesurar les distàncies següents:



distància OA	distància OB	distància AB	distància A'B'

Ompli, ara, la següent taula:

	<i>Energia potencial elàstica</i>	<i>Energia potencial gravitatòria</i>	<i>Energia cinètica</i>	<i>Energia mecànica</i>
Fórmula				
Punt superior (molla en A, cos en A')				
Punt inferior (molla en B, cos en B')				
Variació (superior- inferior)				

Conclusions

Anàlisi de les dades

Compara els valors obtinguts per l'energia mecànica en els punts A i B. Quant val la variació de l'energia mecànica?

Qüestionari

- Quines transferències d'energia tenen lloc quan oscil·la la massa penjada de la molla? Podeu respondre completant les frases del següent quadre:

Moviment	Transferències energètiques
D'A a C	L'energia cinètica del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè L'energia potencial gravitatòria del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè L'energia potencial elàstica del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè
De C a B	L'energia cinètica del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè L'energia potencial gravitatòria del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè L'energia potencial elàstica del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè
De B a C	L'energia cinètica del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè L'energia potencial gravitatòria del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè L'energia potencial elàstica del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè
De C a A	L'energia cinètica del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè L'energia potencial gravitatòria del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè L'energia potencial elàstica del sistema massa-molla <i>augmenta/disminueix</i> perquè

- Quant val la suma de les energies potencials quan la massa passa pel centre de l'oscil·lació (punt C)?
- Quina velocitat té la massa en passar pel centre de l'oscil·lació (punt C)?

Conservació de l'energia mecànica en una molla oscil·lant

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 hora per a l'experimentació, les conclusions i el qüestionari

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat

Orientacions metodològiques

L'èxit de l'experiència és l'elecció correcta dels nivells de referència de les energies potencials. El zero d'energia potencial elàstica és el del punt O (posició en què la molla penja en repòs) ja que en aquesta posició la molla no està deformada. Es pren com a referència el punt final de la molla (última anella).

El zero d'energia potencial gravitatòria es pot escollir en qualsevol posició però si es fa en el punt (B), posició més baixa de la molla, les mesures i els càlculs són més senzills.

Una altra forma més senzilla de comprovar la conservació de l'energia és estudiar què li passa a una molla quan se li penja una massa i es deixa caure.

Comprovació experimental del principi de conservació de l'energia mecànica quan a una molla se li penja una massa i es deixa caure.

Es subjecta una massa m d'una molla de constant elàstica coneguda. En deixar caure lliurement la massa, l'energia mecànica es conserva, és a dir, l'energia inicial és igual a l'energia final, i com que les velocitats inicial i final són nul·les, si s'agafa l'origen en el punt més alt i el sentit positiu cap a dalt:

$$E_{m_i} = E_{p_g} + E_{p_e} = mg0 + \frac{1}{2} K 0^2 = 0$$

$$E_{m_f} = mg(-x) + \frac{1}{2} Kx^2 = 0 \Rightarrow x = \frac{2mg}{K}$$

En canvi si la massa m cau sostinguda per nosaltres a poc a poc i amb velocitat constant, no es conserva l'energia mecànica. En el punt més baix el cos queda en equilibri:

En comparar els dos casos, es veu que $x = 2x'$. Mesurant experimentalment ambdós es comprova aquesta relació i, per tant, es pot assegurar que l'energia mecànica s'ha conservat.

$$F_{elàs} = mg \Rightarrow Kx' = mg \Rightarrow x' = \frac{mg}{K}$$

Propostes de recerca

Comprovar que el moviment que descriu la massa és un moviment vibratori harmònic simple.

Podeu consultar:

Apartat 12-4 "Objeto colgado de un muelle vertical" pàg 380 (capítol "Oscilaciones")

Física. Paul A. Tipler. Tercera edició. Editorial Reverté

Orientacions tècniques

Cal conèixer prèviament la constant elàstica de la molla. Les molles grosses dels equips didàctics són de 3 N/m.

Cal etiquetar les molles amb els valors mesurats de K en fer l'experiència de la determinació estàtica de la constant de la molla.

Conclusions

Resultats esperats

Els resultats d'aquesta experiència són molt bons, per tant cal esperar que la variació de l'energia mecànica s'apropi a zero.

Respostes al qüestionari

1. Quines transferències d'energia tenen lloc quan oscil·la la massa penjada de la molla? Podeu respondre completant les frases del següent quadre:

Moviment	Transferències energètiques
D'A a C	L'energia cinètica del sistema massa-molla <i>augmenta</i> perquè la velocitat de la massa passa de ser zero a ser màxima. L'energia potencial gravitatòria del sistema massa-molla <i>disminueix</i> perquè la massa baixa. L'energia potencial elàstica del sistema massa-molla <i>augmenta</i> perquè augmenta la deformació de la molla (s'estira).
De C a B	L'energia cinètica del sistema massa-molla <i>disminueix</i> perquè la velocitat de la massa passa del valor màxim a zero. L'energia potencial gravitatòria del sistema massa-molla <i>disminueix</i> perquè la massa segueix baixant. L'energia potencial elàstica del sistema massa-molla <i>augmenta</i> perquè la molla se segueix allargant (més deformació).
De B a C	L'energia cinètica del sistema massa-molla <i>augmenta</i> perquè la massa passa de velocitat zero a màxima. L'energia potencial gravitatòria del sistema massa-molla <i>augmenta</i> perquè la massa puja. L'energia potencial elàstica del sistema massa-molla <i>disminueix</i> perquè la molla s'escurça (menys deformació).
De C a A	L'energia cinètica del sistema massa-molla <i>disminueix</i> perquè passa de la màxima velocitat a zero. L'energia potencial gravitatòria del sistema massa-molla <i>augmenta</i> perquè la massa s'eleva. L'energia potencial elàstica del sistema massa-molla <i>disminueix</i> perquè la molla es comprimeix (menys deformació).

2. **Quan val la suma de les energies potencials quan la massa passa pel centre de l'oscil·lació (punt C)?**

La suma no és nul·la i tampoc no ho és cap dels dos termes. L'energia potencial gravitatòria val el producte de la massa per la gravetat i per la distància BC. L'energia potencial elàstica val una meitat de la constant elàstica de la molla multiplicada per la distància OC al quadrat.

3. **Quina velocitat té la massa en passar pel centre de l'oscil·lació (punt C)?**

Té la velocitat màxima.

Com que l'energia mecànica és sempre la mateixa, coneguda en els punts A i B (que ha de ser igual), se sap el seu valor a C.

L'energia mecànica a C és la suma de l'energia cinètica, la potencial elàstica i la potencial gravitatòria. Per tant, sabent de la qüestió anterior la suma de les energies potencials es calcula l'energia cinètica.

$$E_c = E_m - E_p(\text{elas}) - E_p(\text{grav})$$

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}}$$