



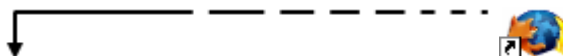
Recursos per a casa (batx.)

LABORATORI DE MOLLES VIRTUALS I PERFECTES

Ramon Estiu

Utilització d'una miniaplicació com a complement de la realitat

Guia del professorat



Aquesta pràctica de laboratori (virtual) utilitza una miniaplicació

(del conjunt PhET



elaborat per la [University of Colorado at Boulder](http://www.colorado.edu/physics)) que ha traduït al català la revista **Recursos de Física** i que permet a l'alumne observar, experimentar, mesurar... el comportament d'un conjunt de molles tant des del punt de vista estàtic com dinàmic. A la figura 1 podeu veure l'aspecte que té la miniaplicació i l'adreça on la trobareu traduïda al català.

L'avantatge que té la miniaplicació és la seva claredat, la facilitat d'ús i la rapidesa que permet en l'experimentació i en l'obtenció de resultats. L'inconvenient és que no experimentem realment pel fet que el seu comportament està programat seguint el model de molles completament elàstiques. Per això, aquesta activitat es pot portar a terme com a preparació o complement de les pràctiques de laboratori de física que es poden fer a Física de 1r de Batxillerat abans o després de fer la pràctica de deduir la llei de Hooke amb molles reals. També tenim l'opció de fer-la com una pràctica més. En aquest cas, deixarem molt clar a l'alumnat que estem treballant amb una simulació i per tant en casos molt idealitzats.

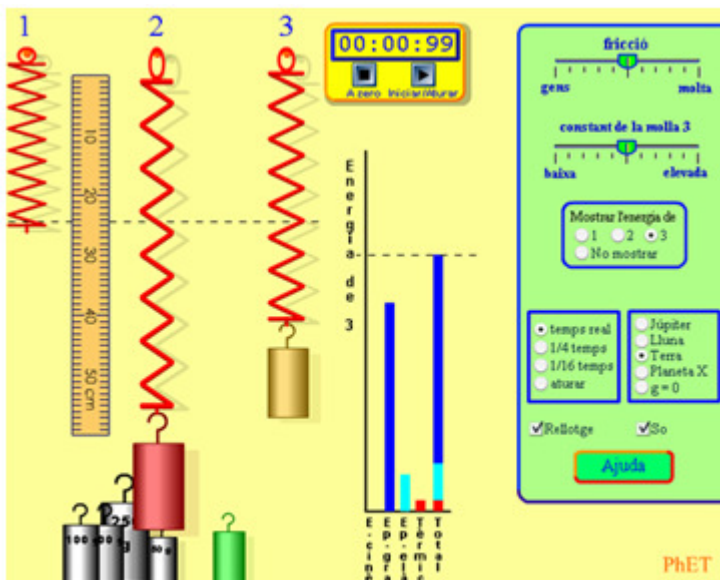




Fig. 1:

http://www.xtec.cat/rrfísica/fislets/fj_coleccion_002/mass-spring-lab/mass-spring-lab_ca.html

Objectius

1. Reforçar el concepte de magnituds directament proporcionals i la seva obtenció a partir d'una gràfica. En la primera part resulta prou simple ja que el pendent de la gràfica coincideix amb la constant de recuperació de la molla K , mentre que en el mètode dinàmic el pendent conté també el factor 4π , i a més cal fer la representació gràfica prenent com a variable el període al quadrat.
2. Representar gràficament magnituds fent servir el programa Excel i obtenir l'equació lineal corresponent.
3. Elaborar un informe de pràctica directament a l'ordinador inserint gràfics d'Excel en un fitxer de Word.

Coses prèvies

- Comproveu primerament que l'ordinador disposi d'una versió prou actual de [Flashplayer](#) , que permeti visualitzar correctament la miniaplicació..
- En cas de no disposar d'Excel, es pot fer el gràfic igualment amb [OpenOffice](#) . El càlcul del pendent es fa pràcticament igual que amb Excel. A les figures 2 i 3 podeu veure com s'ha de procedir en aquest cas. Per la resta donarem les instruccions segons Excel que amb molt poques modificacions poden servir per a OpenOffice. Els problemes principals acostumen a ser deguts a l'idioma i les versions del programes.

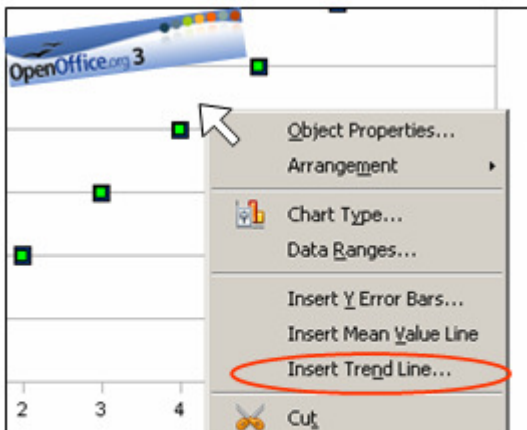


Fig. 2: fent clic al botó dret del ratolí quan aquest és sobre dels punts trobarem en el menú contextual l'opció "Insert Trend line...", és a dir insertar la línia de tendència...

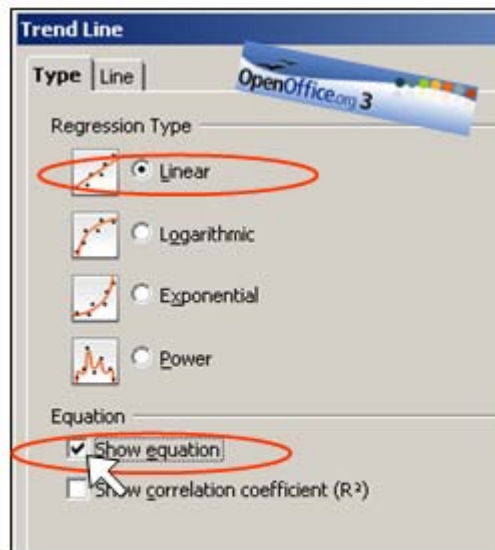


Fig. 3: ...podrem escollir entre diverses opcions. A més cal recordar-se de marcar l'opció "Show equation".

Per fer el gràfic a l'Excel

- Primerament seleccioneu les columnes de dades, inclòs el títol. La primera columna que seleccionarem serà la de l'eix de les X ; com que ho tenim en ordre invers, convé copiar la columna de la força (pes) a la dreta de la de l'allargament.
- Seleccioneu el tipus de gràfic "XY"

(*dispersió*)" i el subtipus "*Dispersió. Compara parells de valors*". Poseu noms als valors de l'eix *X* i als de l'*Y* i també al gràfic (atenció a les unitats).

- A la pestanya "*Llegenda*", desactiveu l'opció "*Mostrar la llegenda*" (vegeu la figura 5)
- Trieu si es volen línies paral·leles als eixos (és interessant si es vol comprovar el pendent mesurant els valors sobre la gràfica) i finalitzeu.

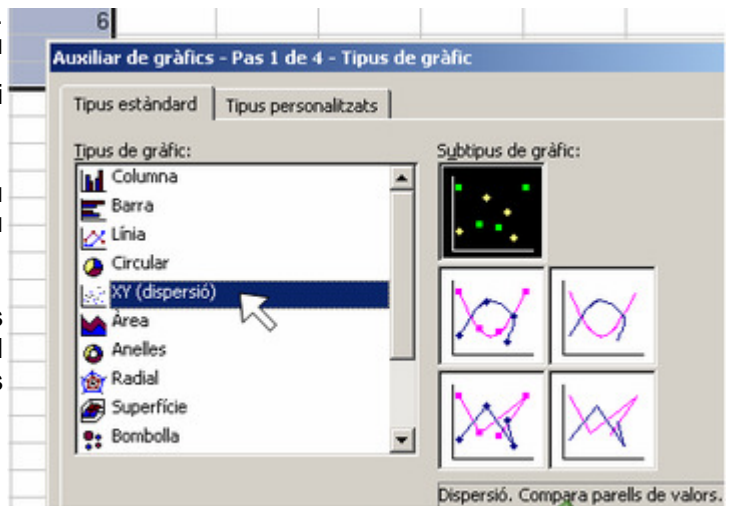


Fig. 4: elecció del tipus de gràfic amb l'Excel

- Es pot treure el color de fons del gràfic, habitualment un gris molest a l'hora d'imprimir i també la línia que envolta el gràfic. Tot amb el botó dret seleccionant "*Format del àrea de traçat...*", i modificant les opcions "*Vora*" i "*Efectes d'emplenament*" (vegeu la figura 6)

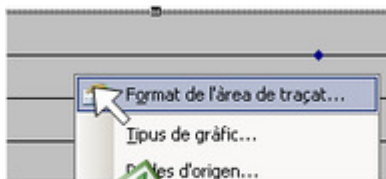


Fig. 6:

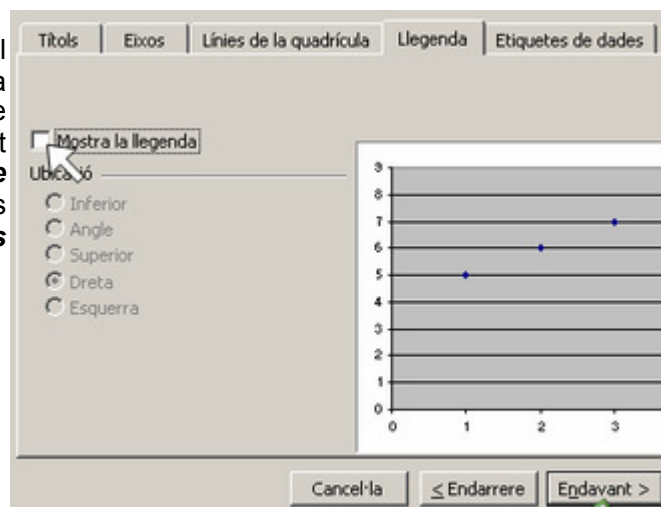


Fig. 5: desactivar *Mostrar la llegenda* a l'Excel

- Un cop finalitzat el gràfic seleccioneu un dels punts amb el botó dret del ratolí i trieu l'opció "*Afegeix línia de tendència*". A la pestanya "*Tipus*" trieu l'opció "*Lineal*" i a la pestanya "*Opcions*" activeu les tres opcions inferiors ("*Defineix la intersecció=0*", "*Mostrar l'equació al gràfic*" i "*Mostrar el valor R quadrat al gràfic*").

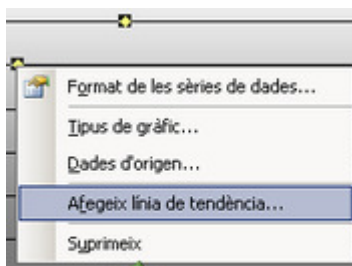


Fig. 7:

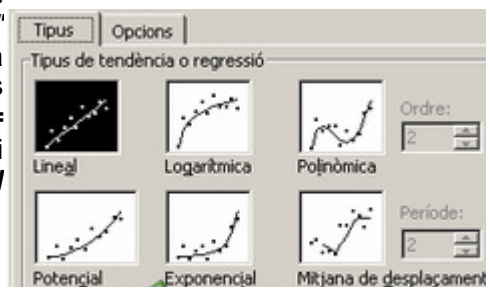
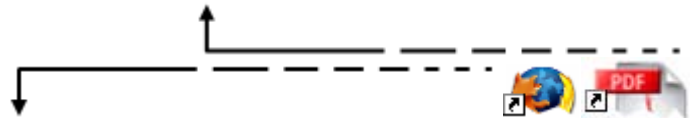


Fig. 8:

- Convé allargar la línia fins que talli realment l'origen de coordenades.



- L'equació que l'Excel escriu per defecte és del tipus $y = K x$; la podem editar per escriure-la com a $F = K \Delta x$



Guia de l'alumnat

Tot i que el nostre objectiu és estudiar les molles reals, per començar a entendre-les farem servir, treballant per parelles, el laboratori virtual que podeu trobar a:

http://www.xtec.cat/rrfisica/fislets/fj_coleccio_002/mass-spring-lab /mass-spring-lab_ca.html

Obriu primerament un fitxer de Word  per anar explicant el que feu, com si fos una molla real i un fitxer Excel  per anotar les dades.

- En finalitzar la pràctica heu d'incloure el document d'Excel dintre del document de Word i lliurar a la professora o professor aquesta memòria de la pràctica.

Obriu en un altre ordinador el fitxer Flash [mass-spring-lab_ca](http://www.xtec.cat/rrfisica/fislets/fj_coleccio_002/mass-spring-lab /mass-spring-lab_ca.html) i amplieu la finestra al màxim. Seleccioneu la fricció màxima (d'aquesta manera aconseguireu que les molles s'estabilitzin ràpidament quan hi pengeu una massa).



Seleccioneu el planeta Terra (de moment és el que ens anirà millor). Seleccioneu també el temps real. Seleccioneu l'opció "**No mostrar**" de l'apartat "**Mostrar l'energia de**".

Estudi estàtic

Com que aquestes molles són absolutament ideals, segueixen del tot la llei de Hooke: la força F que fa la molla sobre la massa penjada és $F = -K \Delta x$. Sobre la massa actua també la gravetat, és a dir una força pes mg . Quan la massa està en equilibri la suma de forces és zero:



$$F + mg = 0 \Rightarrow mg = K \Delta x$$

Alerta amb la mesura de l'allargament Δx : tria molt bé el punt de referència de la molla! Podeu moure la línia de punts i el regle per facilitar la feina.

Col·loqueu el regle de manera que pugueu mesurar fàcilment l'allargament que experimentarà la molla 1 quan hi pengeu diverses masses.

- Utilitzant la miniaplicació i $mg = K \Delta x$ ompliu la taula següent per a la molla número 1.

	Massa (kg)	Allargament Δx (cm)	Pes (N)	K (N/m)
	0,050			
	0,100			
	0,250			
massa verda				
massa groga				
massa vermella				

- Feu ara el càlcul de K de forma gràfica: representant a l'eix de abscisses l'allargament de la molla, en metres, i la força pes al d'ordenades, en newtons. Vigileu amb l'ordre de les columnes en el full de càlcul, les abcises han de quedar a la dreta de les ordenades. També tingueu present que és millor ordenar prèviament els valors de les masses. Feu que l'Excel et doni automàticament el pendent de la recta (estaria bé que el comprovéssiu manualment, però tingueu en compte que les mesures les heu de prendre fent servir l'escala de cada eix). Comproveu que el valor d'aquest pendent coincideix amb el valor de K trobat a l'apartat anterior

- Recordeu què significa el signe negatiu de la llei de Hooke? Expliqueu-lo breument.

Estudi dinàmic

Ara fareu l'estudi dinàmic de la molla 1. Una massa lligada a una molla ideal segueix un moviment harmònic simple al voltant del punt d'equilibri (un cop lligada la molla) si la separem d'aquest punt i la deixem anar. Noteu que quan està situada en el punt d'equilibri la suma de forces sobre la massa és zero. Així quan la separem la força resultant que actua sobre la massa és només deguda a la molla.

El període d'oscil·lació d'una massa lligada d'una molla oscil·lant sense fricció ve donat per la fórmula següent:

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

Si eleveu al quadrat l'expressió us quedarà:

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{K}$$

que passant, la K al primer membre, podem escriure així:

$$KT^2 = 4\pi^2 m$$

Si finalment ho arregleu una mica, tindreu:

$$(4\pi^2 m) = K (T^2)$$

$$y = a x$$

Això vol dir que si representeu gràficament $4\pi^2 m$ a les ordenades (y) i T^2 a les abscisses (x), el pendent (a) de la recta resultant serà la constant de recuperació K .

Seleccioneu ara la fricció nul·la per tal que no deixi d'oscil·lar i pugueu mesurar el període sense dificultat. Amb l'ajut del rellotge de la miniaplicació, i mesurant el temps que tarda en fer 20 oscil·lacions (repetiu la mesura 3 vegades i feu-ne la mitjana), trobareu el període d'oscil·lació per cada una de les masses.



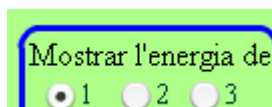
- Ompliu la taula següent (feu servir els valors per a les masses acolorides de l'apartat anterior.).

		20 oscil·lacions							
	m (kg)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_{mit} (s)	Període T (s)	T^2 (s ²)	$4\pi^2 m$	K (N/m)
	0,05								
	0,10								
	0,25								
verda									
grogà									
vermella									

- Feu la representació gràfica $(x, y) = (T^2, 4\pi^2 m)$, calculeu el pendent i comproveu si la K obtinguda és la mateixa que la de l'apartat anterior i que havíem calculat amb la molla estàtica, o no. Comenteu el resultat.

Energies sense fricció

Abans de canviar de molla seleccioneu l'opció que us permetrà mostrar les energies de la molla 1, pengeu-hi una massa qualsevol, feu-la oscil·lar sense fricció i observeu què passa. Repasseu la matèria de Ciències de la Naturalesa,



a 3r d'ESO, i a la matèria de Tecnologia, de 4t d'ESO. Recordeu el que sabeu sobre les energies cinètica, potencial i mecànica.

- Observeu què passa amb els valors d'aquestes energies i comenteu-ho.

Energies amb fricció

Seleccioneu ara que hi hagi fricció a la molla, i torneu a provar de fer oscil·lar una massa penjada de la molla 1.

- Què passa ara? Quines són les diferències respecte del cas anterior?

La segona molla

Ara comproveu quines són les característiques de la molla 2.

- Comenteu-ho amb detall.

La tercera molla

Ara ens fixarem en la molla 3. Gradueu la seva duresa. Trieu un valor que **no** sigui el punt intermedi, on està situada per defecte la duresa de la molla.

- Repetiu totes les operacions que heu fet amb la molla 1 (alerta, que són moltes!).

En altres planetes

Finalment veureu què passa amb la molla 1 si canvieu de planeta. Aneu a Júpiter i compareu el que passa respecte del que hem vist que passava a la Terra.

- Expliqueu què passa i aprofiteu per calcular la gravetat. Penseu bé com ho podeu fer.

Ara situeu-vos a la Lluna i experimenteu.

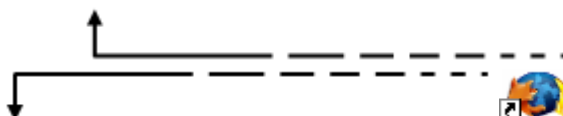
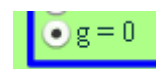
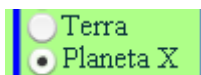
- Expliqueu què passa i calculeu la gravetat al nostre satèl·lit.

Finalment situeu-vos al planeta X.

- Calculeu la gravetat en aquest planeta desconegut.

En l'espai

- Comenteu què passa amb les molles si no hi ha gravetat (alerta que no és tan fàcil com sembla).



Solucions

Estudi estàtic

Col·loqueu el regle de manera que pugueu mesurar fàcilment l'allargament que experimentarà la molla 1 quan hi pengeu diverses masses.

Cal moure la línia de punts i el regle per prendre mesures amb més comoditat.

Utilitzant la miniaplicació i $mg = K \Delta x$ ompliu la taula següent per a la molla número 1.

Millor ordenar els valors de les masses a l'hora de fer els gràfics amb Excel o OpenOffice.

Hem utilitzat el valor $g=10 \text{ m/s}^2$

	Massa (kg)	Allargament Δx (m)	Pes (N)	K (N/m)
	0,050	0,05	0,5	10
massa verda	0,070	0,07	0,7	10
	0,100	0,10	1,0	10
massa groga	0,160	0,16	1,6	10
	0,250	0,25	2,5	10
massa vermella	0,300	0,30	3,0	10

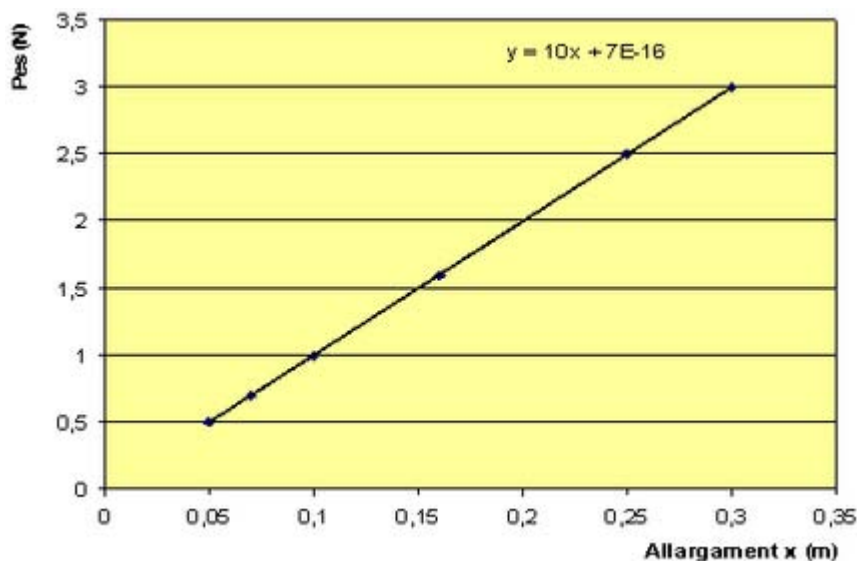
Com que aquestes molles són absolutament ideals...

Feu ara el càlcul de K de forma gràfica...

La constant recuperadora és de **10 N/m**.

Recordeu què significa el signe negatiu de la llei de Hooke? Expliqueu-lo breument.

La força F que fa la molla és contrària a la deformació Δx .



Estudi dinàmic

Ompliu la taula següent:

Millor ordenar els valors de les masses a l'hora de fer els gràfics amb Excel o OpenOffice. Per simplicitat, s'han eliminat les columnes de les dades de temps mesurades i la seva mitjana.

	$m(\text{kg})$	Període $T(\text{s})$	$T^2(\text{s}^2)$	$4\pi^2 m$	$K(\text{N/m})$
	0,05	0,43	0,1849	1,97	10,7
verda	0,07	0,52	0,2704	2,76	10,2
	0,25	0,62	0,3844	3,95	10,3
groga	0,16	0,78	0,6084	6,32	10,4
	0,25	0,98	0,9604	9,87	10,3
vermella	0,30	1,10	1,2100	11,84	9,8

Feu la representació gràfica, calculeu el pendent i comproveu

si la K obtinguda és la mateixa que havíem calculat amb la molla estàtica, o no. Comenteu el resultat.

Va molt bé poder alentir el temps a l'hora de mesurar els temps d'oscil·lació.

En el mètode estàtic hem utilitzat

$g=10 \text{ m/s}^2$; en conseqüència hem trobat

$K=10 \text{ N/m}$. Ara no ens cal cap valor per a la gravetat!

Obtenim $K=9,8 \text{ N/m}$, el valor que hauríem obtingut amb el mètode estàtic si haguéssim utilitzat un valor més acurat per a la gravetat.

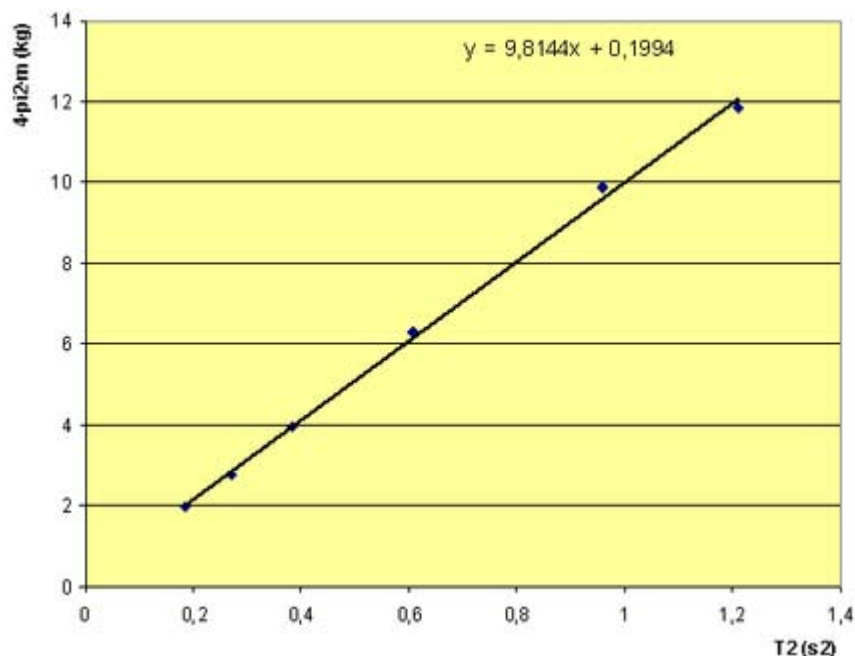
Energies sense fricció

Abans ...

Observeu què passa amb els valors d'aquestes energies i comenteu-ho.

L'energia mecànica es manté constant i les altres dues oscil·len entre un valor zero i un valor màxim (que coincideix amb el valor de l'energia mecànica).

Quan l'energia cinètica és zero (valor mínim) l'energia potencial és màxima i



viceversa.
En qualsevol instant
la suma de les
energies cinètica i
potencial correspon
a l'energia
mecànica.

Energies amb fricció

Seleccioneu ...

- Què passa ara? Quines són les diferències respecte del cas anterior?
El valor de l'energia mecànica va disminuint progressivament fins al valor zero.
Les energies cinètica i potencial es comporten com en l'apartat anterior però tenint en compte que la suma dels seus valors (energia mecànica) va disminuint amb el temps. En vermell a la miniaplicació podem veure les pèrdues acumulades d'energia en forma de calor.

La segona molla

Ara comproveu quines són les característiques de la molla 2.

- Comenteu-ho amb detall.
La molla 2 és idèntica a la 1.

La tercera molla

Ara ...

- Repetiu totes les operacions que heu fet amb la molla 1 (alerta, que són moltes!).
La molla 3 té la duresa graduable però si es gradua a la meitat, també és igual a les anteriors.

En altres planetes

...
Aneu a Júpiter...

- Expliqueu què passa i aprofiteu per calcular la gravetat. Penseu bé com ho podeu fer.
Per calcular la gravetat a cada planeta només hem de tenir en compte que la constant recuperadora de la molla és igual a qualsevol planeta.
 $m g = K \Delta x$ i per tant

$$g = \frac{K \Delta x}{m}$$

Com que sabem el valor $K = 9,8 \text{ N/m}$: $g_{Jup} = 25,48 \text{ m/s}^2$ (utilitzant $K =$

$$10 \text{ N/m: } g_{Jup} = 26 \text{ m/s}^2).$$

Ara situeu-vos a la Lluna i experimenteu.

- Expliqueu què passa i calculeu la gravetat al nostre satèl·lit.

$$g_{Llun} = 1,7 \text{ m/s}^2$$

Finalment situeu-vos al planeta X

- Calculeu la gravetat en aquest planeta desconegut.

$$g_X = 4 \text{ m/s}^2$$

En l'espai

- Comenteu què passa amb les molles si no hi ha gravetat (alerta que no és tan fàcil com sembla).

En absència de gravetat les molles no s'allarguen en penjar-hi masses, però el tractament dinàmic no depèn de la gravetat. Per tant es pot calcular igualment la K recuperadora en absència de gravetat, que continua essent $K=9,8 \text{ N/m}$.

Ramon Estiu

Professor de física i química amb nou anys d'experiència al centre educatiu del Collell i dos a l'IES Ramon Coll i Rodés de Lloret de Mar. Els darrers cursos ha estat treballant a l'IES Rafael de Campalans d'Anglès, on ha ocupat càrrecs de direcció. És aficionat a la muntanya i alpinista, i ha participat en expedicions a l'Himàlaia. És instructor de l'Escola Catalana d'Alta Muntanya i fa vint-i-dos anys que organitza el campament d'iniciació als esports de muntanya de Ribelles (la Garrotxa) per a nois i noies d'ESO i hi participa.

Adreça electrònica: restiu@xtec.cat