

Caída simultánea de un muelle (slinky) y una bola de acero

Solución

1.-Determine la longitud real del muelle estirado en la fotografía 2

Determinamos el factor de escala

$$f = \frac{70\text{cm reales}}{11,7\text{cm en la fotografía}}$$

Nota.-El factor de escala puede ser diferente al anterior pues depende del tamaño de la fotografía o de la fotocopia.. Esta misma nota es válida para al resto de los cálculos.

La longitud del muelle en la fotografía es LF=22,4 cm

La longitud real del muelle estirado en vertical y en reposo es:

$$\frac{70\text{cm real}}{11,7\text{cm en la fotografía}} = \frac{\text{LR}}{22,4 \text{ cm}} \Rightarrow \text{LR} = 134\text{cm} = 1,34\text{m}$$

Nosotros hemos hecho otras fotografías y hemos encontrado los siguientes valores de la longitud real del muelle

1,33 m ; 1,33 m ; 1,31 m

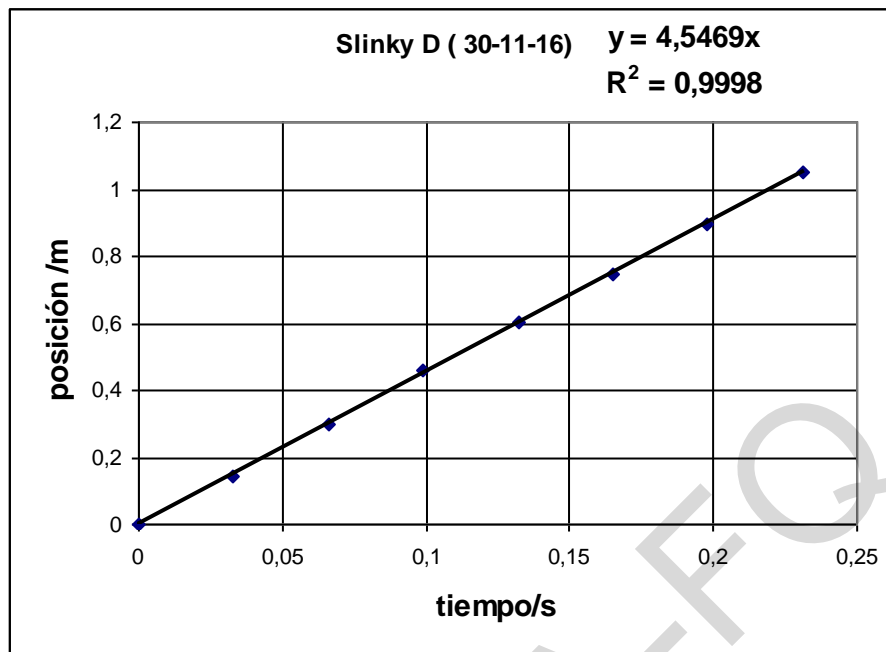
2.-Determine el factor de escala en la fotografía 3

$$f = \frac{70\text{cm reales}}{10,25\text{cm en fotografía}}$$

Mida las posiciones de la varilla en la fotografía 3 y complete la tabla I.

Tabla I			f=0,70
slinky D			T=0,033 s m/10,25 cm
foto 3			2 ventanas
pos. Foto/cm	osi real/m	tiempo/s	
0	0	0	
2,1	0,14341463	0,033	
4,4	0,3004878	0,066	
6,7	0,45756098	0,099	
8,85	0,60439024	0,132	
10,9	0,74439024	0,165	
13,15	0,89804878	0,198	
15,4	1,05170732	0,231	

3) Con los valores de la tabla I construya la gráfica posición (eje Y) frente a tiempo (eje X). Deduzca el tipo de movimiento y su velocidad.



El movimiento de la espira superior del muelle es uniforme a partir de la segunda posición en la fotografía y su velocidad constante es $v = 4,55 \text{ m/s}$. Conviene destacar que la espira debe acelerar desde el reposo $v=0$ hasta adquirir la velocidad constante.

4) Repita el proceso anterior en la fotografía 4

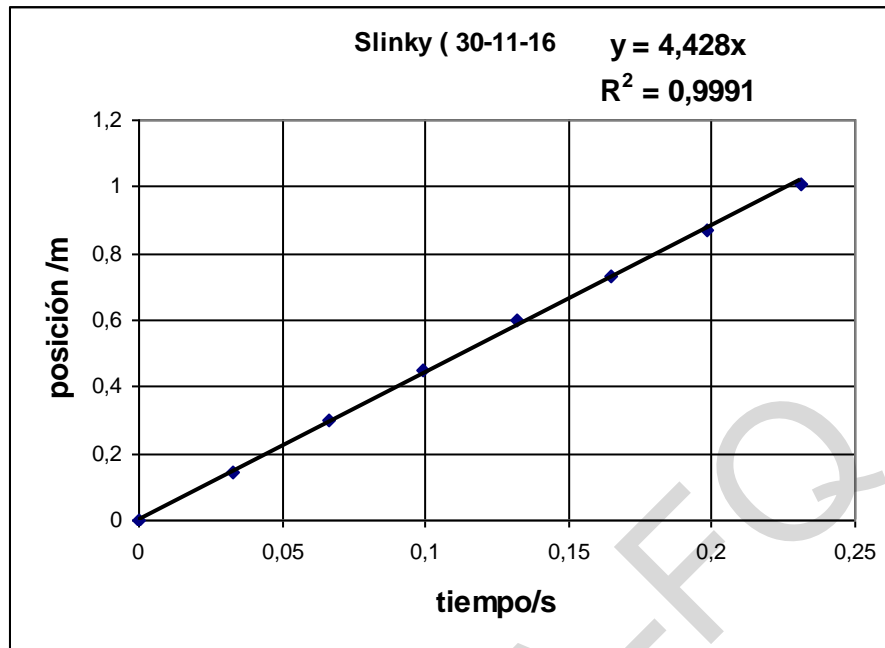
$$f = \frac{70\text{cm reales}}{14,45\text{cm en fotografía}}$$

Mida las posiciones de la varilla en la fotografía 4 y complete la tabla II

Tabla II

slinky C		T=0,033 s	f=0,70m/14,45 cm
foto 4,		2 ventanas	
posic. Foto	Pos/m	tiempo/s	
0	0	0	
3	0,14532872	0,033	
6,25	0,30276817	0,066	
9,35	0,45294118	0,099	
12,35	0,5982699	0,132	
15,15	0,73391003	0,165	
18	0,87197232	0,198	
20,8	1,00761246	0,231	

5) Con los valores de la tabla II construya la gráfica posición (eje Y) frente a tiempo (eje X). Deduzca el tipo de movimiento y su velocidad.



En otra caída se confirma lo anterior: el movimiento es uniforme y naturalmente la velocidad es prácticamente igual salvo que al ser un experimento aparecen los errores.

6) La fotografía 5 corresponde a la caída de la bola de acero en el campo gravitatorio terrestre. El intervalo entre dos posiciones sucesivas de la bola es 32,5 ms .

Determine el factor de escala en l fotografía 5.

$$f = \frac{70 \text{ cm reales}}{13,5 \text{ cm en fotografía}}$$

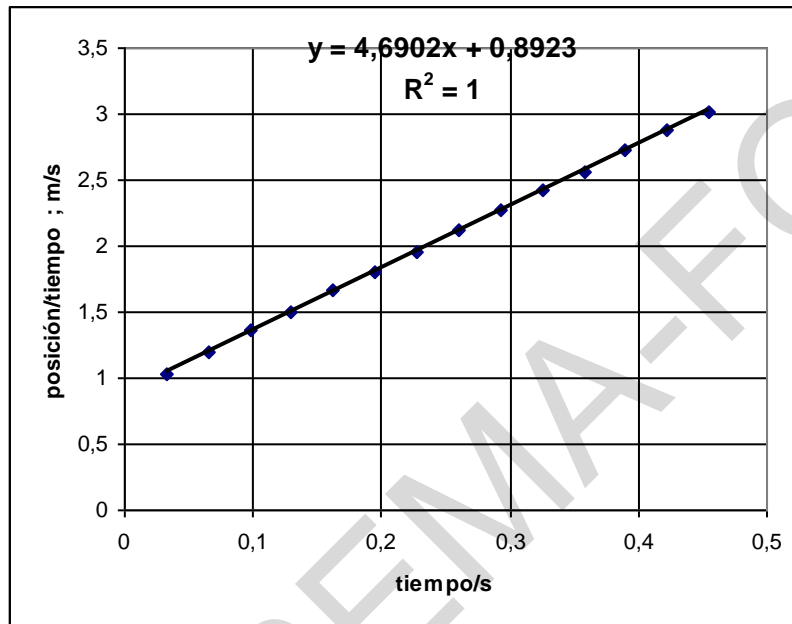
Mida las posiciones de la bola en la fotografía 5 y complete la tabla III

Tabla III

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 0,91t + 4,7t^2$$

La aceleración es $9,4 \text{ m/s}^2$. Este valor difiere del teórico $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ debido a los errores que todo método experimental introduce.

Si se desea convertir la parábola en una línea recta hay que dividir las posiciones por los correspondientes tiempos, tal como se ha hecho en la última columna de la tabla III. La gráfica lineal es



La ecuación es $\frac{y}{t} = v_0 + \frac{1}{2} a t = 0,89 + 4,7 t$

8) En la fotografía 6 determine el factor de escala. Mida las posiciones de la bola y del muelle. El intervalo de tiempo entre dos posiciones sucesivas es 33 ms.

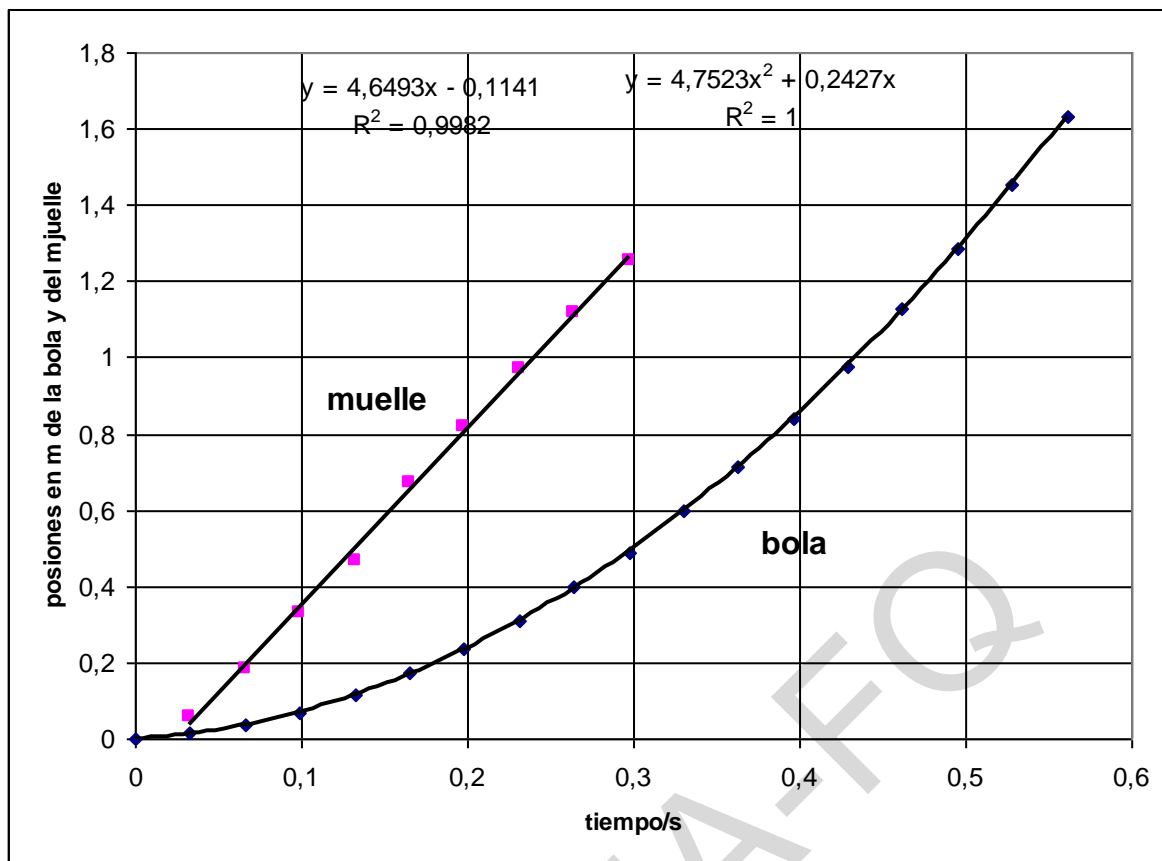
Recoja los datos en la tabla IV

$$\text{Factor de escala } f = \frac{70 \text{ cm reales}}{10,6 \text{ cm en fotografía}}$$

bola y muelle	f=0,70m/10,6 cm	2 ventanas		T=66/2 ms	muelle		
tiempo/s	posici.foto/cm	pos, real/m	pos real/t	v=dy/dt=9,5t+0,243	posc foto	pos,Real/m	v=dy/dt
0	0	0		0,243	0	0	
0,033	0,2	0,01320755	0,4002287	0,5565	0,9	0,05943396	4,65
0,066	0,55	0,03632075	0,55031447	0,87	2,8	0,18490566	4,65
0,099	1,05	0,06933962	0,70040023	1,1835	5	0,33018868	4,65
0,132	1,75	0,11556604	0,87550029	1,497	7,1	0,46886792	4,65
0,165	2,6	0,17169811	1,04059463	1,8105	10,2	0,67358491	4,65
0,198	3,55	0,23443396	1,18400991	2,124	12,4	0,81886792	4,65
0,231	4,7	0,31037736	1,34362493	2,4375	14,7	0,97075472	4,65
0,264	6	0,39622642	1,50085763	2,751	16,9	1,11603774	4,65
0,297	7,4	0,48867925	1,64538466	3,0645	19	1,25471698	4,65
0,33	9,05	0,59764151	1,81103488	3,378			
0,363	10,8	0,71320755	1,96475908	3,6915			
0,396	12,75	0,84198113	2,12621498	4,005			
0,429	14,8	0,97735849	2,27822492	4,3185			
0,462	17,05	1,1259434	2,43710692	4,632			
0,495	19,5	1,28773585	2,60148656	4,9455			
0,528	22	1,45283019	2,75157233	5,259			
0,561	24,7	1,63113208	2,90754381	5,5725			

Las cinco primeras columnas corresponden a la caída de la bola de acero. La quinta columna se ha añadido después de determinar la ecuación horaria. Las otras tres columnas corresponden al muelle

9) Represente en una misma gráfica las posiciones del muelle y de la bola



10) A partir de la gráfica estime cuánto tiempo emplea el muelle en adquirir una velocidad constante.

La gráfica nos indica que la espira superior del muelle está adelantada respecto de la bola .aunque ambas salen al mismo tiempo. La bola está dotada de un movimiento uniformemente acelerado con aceleración $9,5 \text{ m/s}^2$. El muelle inicialmente acelera hasta alcanzar una velocidad constante de $4,6 \text{ m/s}$. y esta velocidad la adquiere aproximadamente en $0,05$ segundos (ver la primera posición del muelle).

11) De modo aproximado determine una posible aceleración del muelle hasta que adquiere la velocidad constante..

Si el muelle pasa de la velocidad cero a la velocidad $4,65 \text{ m/s}$ y el fenómeno se debiese a una aceleración constante, esta aceleración valdría

$$v = a t \Rightarrow a = \frac{v}{t} = \frac{4,65}{0,05} = 93 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Esto significa que el muelle habría sufrido aproximadamente una aceleración casi diez veces la de la gravedad..

La bola para adquirir la misma velocidad que el muelle tiene que transcurrir un tiempo de $0,46$ segundos (ver la tabla).

En Internet hemos encontrado (**Falling elastic bars and springs**. J.M.Arrigiegabiria, A. Hernández , M. Rivas . Universidad del País Vasco 48080- Bilbao.España.) una fotografía de la caída simultánea del muelle y de un objeto en el campo gravitatorio. El muelle se adelanta al objeto en caída libre como se comprueba de forma cuantitativa en la gráfica del apartado 9.

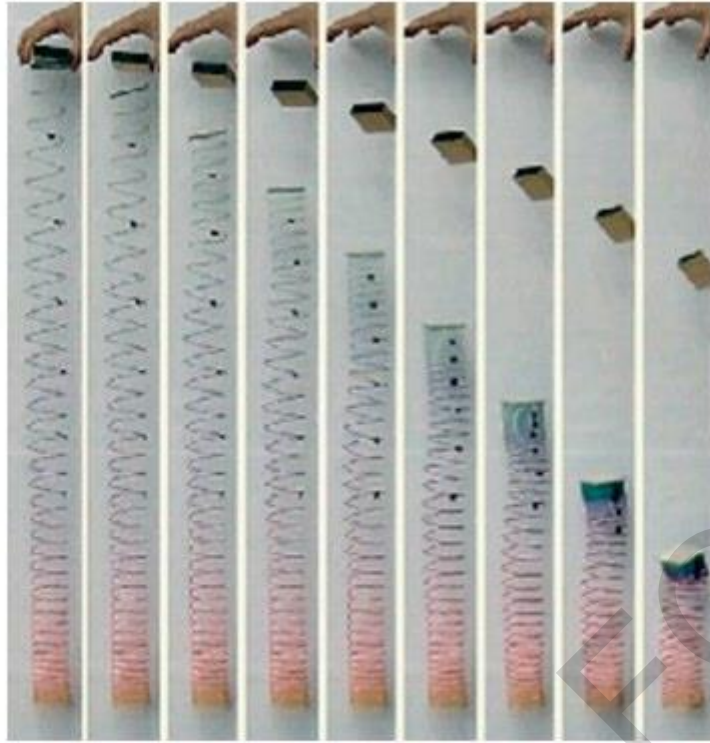


Fig. 4. Consecutive frames with a thin slab fixed at the upper end and a block on top of it. The slab and block immediately separate because they move with different accelerations.