



## VI-DEC (VÍdeos Didácticos de Experimentos Científicos)

### Física

#### Bicono mágico

##### Objetivo

Comprender la importancia del centro de gravedad en el movimiento de los cuerpos con un experimento que parece desafiar la ley de la gravedad.

##### Material

Cilindro. Dos conos iguales unidos por su base (bicono), que pueden ser de diversos materiales: papel, cartulina, poliespan, madera, plástico, etc. Al bicono se le pone un eje. Dos guías por donde se mueve el bicono, de cualquier material para hacer una rampa hueca.

##### Fundamento

El centro de gravedad (CG) es el punto imaginario donde actúa el peso del cuerpo. En un cuerpo con simetría como el bicono, el CG corresponde con su centro geométrico, o sea, el centro de las bases de los dos conos.

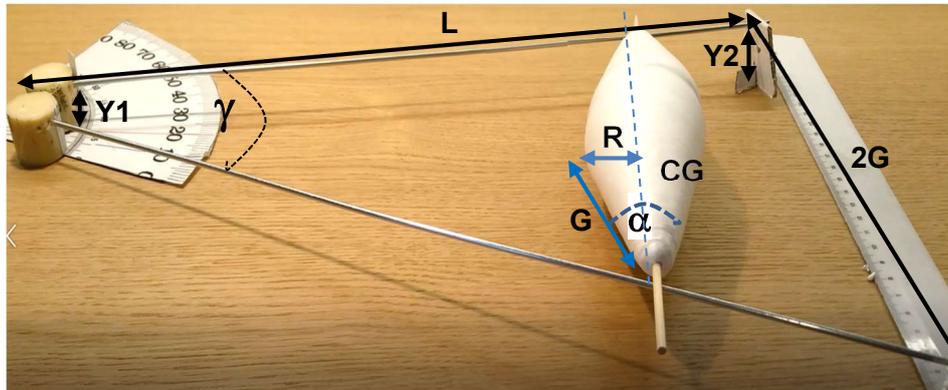
Se construye una rampa hueca en forma de V mediante 2 guías, con la parte más alta en el extremo abierto de la V.

Si se coloca el cilindro en la parte superior de la rampa éste, baja, disminuyendo así su energía potencial gravitatoria.

Si se pone el bicono en la parte superior de la rampa se queda quieto, sin embargo, si lo ponemos en la parte inferior éste se mueve hacia la parte superior de la rampa, parece que desafía la ley de la gravedad. Hay que fijarse que cuando el bicono se apoya en su zona central hace que el CG quede a una distancia  $R$  por encima del punto de apoyo, mientras que cuando se apoya en sus laterales, el CG queda sobre el punto de apoyo, lo que hace que baje su centro de gravedad.

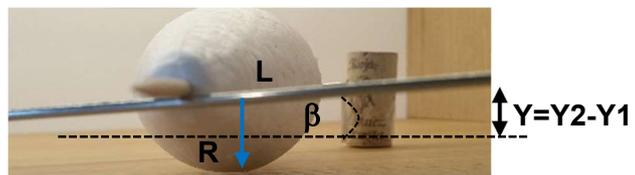
Este experimento funciona bien cuando los ángulos siguientes varían en un determinado margen:

- El de los conos  $\alpha$
- El de subida de la rampa  $\beta$
- El de la abertura de la rampa  $\gamma$



Parte estrecha de la rampa con altura  $Y1$

Parte ancha con altura  $Y2$



El ángulo de un cono es:  $\alpha = 2 \cdot \text{asen}(R/G)$  siendo el cono de radio  $R$  y de Generatriz  $G$ .

El ángulo de subida de la rampa es:  $\beta = \text{asen}(Y/L)$  siendo la longitud de la guía  $L$  y la altura de la parte ancha de la rampa que supera a la de la parte estrecha  $Y$ .

El ángulo de abertura de la rampa es:  $\gamma = 2 \cdot \text{asen}(G/L)$  siendo la longitud de la parte ancha de la rampa  $2G$ .

Mostramos 6 ejemplos:

	R	G	$\alpha$	Y1	Y2>R	Y<R	L	$\beta$	$\gamma$
1 plástico	1	2	60°	2	2,5	0,5	12,5	2°	20°
2 plástico	1,5	4	44°	2	3	1	25	2°	20°
3 poliespan	2,5	10	30°	1,5	3	1,5	40	2°	30°
4 poliespan	5	20	30°	3	6	3	80	2°	30°
5 cartulina	2,5	5	60°	3	3	1,5	15	7°	40°
6 cartulina	5	10	60°	3	6	3	30	7°	40°



Haciendo un análisis de fuerzas en el punto de contacto del bicono contra su riel se obtiene una relación entre los tres ángulos presentes en el dispositivo.

Con esta relación se puede establecer que si  $\tan(\alpha/2) \cdot \tan(\gamma/2) > \tan(\beta)$ , el bicono “sube” por la rampa. Esto se cumple en los 6 ejemplos anteriores:

	$\alpha/2$	$\tan(\alpha/2)$	$\gamma/2$	$\tan(\gamma/2)$	$\tan(\alpha/2) \cdot \tan(\gamma/2)$	$\beta$	$\tan(\beta)$
1	30°	0,577	10°	0,176	0,1	2°	0,035
2	22°	0,4	10°	0,176	0,07	2°	0,035
3	15°	0,267	15°	0,267	0,07	2°	0,035
4	15°	0,267	15°	0,267	0,07	2°	0,035
5	30°	0,578	20°	0,36	0,2	7°	0,12
6	30°	0,578	20°	0,36	0,2	7°	0,12

Si  $\tan(\alpha/2) \cdot \tan(\gamma/2) = \tan(\beta)$ , el bicono está en equilibrio y no se desplaza.

Si  $\tan(\alpha/2) \cdot \tan(\gamma/2) < \tan(\beta)$  el bicono “baja” por la rampa. Lo mismo que cuando se tiene un cilindro,  $\alpha=0$ , ó las guías son paralelas,  $\gamma=0^\circ$ .

#### Observaciones:

1. Se comprueba que al aumentar el ángulo de los conos y de la abertura de la rampa y al disminuir su pendiente el bicono sube a más velocidad, y mientras más pequeños sean estos ángulos, la velocidad del bicono es menor, llegando a invertirse el sentido del desplazamiento.
2. La altura de la parte superior de rampa,  $Y_2$ , tiene que ser superior a  $R$  para que el bicono no choque con el suelo y se mueva con libertad.
3. La altura de la parte ancha de la rampa que supera a la de la parte estrecha,  $Y$ , debe ser menor que  $R$ , para el CG sea más bajo en esta parte que en la estrecha. De esta forma la energía potencial gravitatoria se transforma en energía cinética, el bicono se traslada y gira.
4. La anchura de la rampa la ponemos de longitud  $2G$  y al bicono le ponemos un eje para que al llegar a la parte superior de la rampa siga subiendo un poco hasta que gaste su energía rotatoria y luego baja, si se lo permite el rozamiento, hasta alcanzar la mínima energía potencial.
5. Si colocamos con cuidado el bicono sobre la rampa no se mueve. Para que se mueva el bicono hay que crear una inestabilidad para que se desalineen las fuerzas verticales y se genere un par de fuerzas.
6. Los biconos de poliespan se pueden adquirir en tiendas de manualidades. Los de plástico están hechos con una impresora 3D. Los de cartulina se hicieron a partir de medios círculos pegados con cinta adhesiva, así la generatriz del cono  $G$  es el radio del círculo recortado y el radio de la base del cono es  $R=G/2$ .