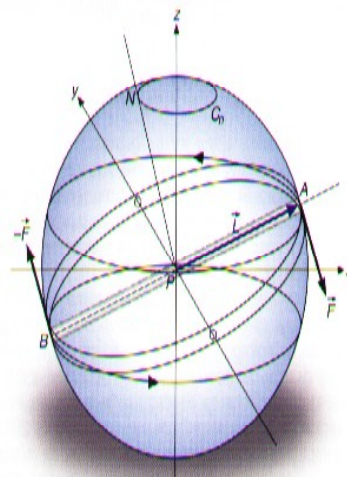


## El caprichoso movimiento del giroscopio



Por la cara interna de la cápsula, aproximadamente esférica, del giroscopio, a lo largo del ecuador, discurre la ranura-guía, representada en estas ilustraciones por un par de círculos poco separados. La perpendicular al plano de la ranura que pasa por el centro de la esfera atraviesa ésta en el "polo norte"  $N$ . Durante el movimiento de precesión libre de empuje, la cápsula y la ranura siguen el movimiento de precesión del giroscopio de suerte que el punto  $N$  trazará un pequeño círculo  $C_n$  alrededor del eje de precesión, fijo en el espacio, en la dirección de la flecha y con la frecuencia de precesión del giroscopio.

Añadamos un sistema de coordenadas rectangular de tal manera que el eje  $z$  coincida con el eje de precesión y que la línea de unión de los puntos de rotación  $A$  y  $B$  —y con ella, el vector del momento angular  $L$ , así como los vectores de las fuerzas  $F$  y  $-F$ — caiga en el plano  $x-z$ . Durante el movimiento de precesión, el dibujo entero girará en torno al eje  $z$ . En lo demás permanecerá inalterado. En particular, no cambiará la posición relativa de los vectores  $L$ ,  $F$ ,  $M$  y del "eje de la Tierra"  $PN$ . El punto  $A$  (como el  $B$ ) no es un punto concreto del margen de la ranura; en un giro completo todos los puntos de ésta habrán desempeñado el papel del punto  $A$ . Pero el punto que aquí hace de punto  $A$  se halla en reposo, en ese instante representado, porque se encuentra en el punto superior de inversión del movimiento.

El momento de fuerza se orienta entonces en la dirección del eje y perpendicularmente al plano  $x-z$ . Es, en particular, perpendicular a la dirección del momento angular; el módulo de éste, pues, no variará.

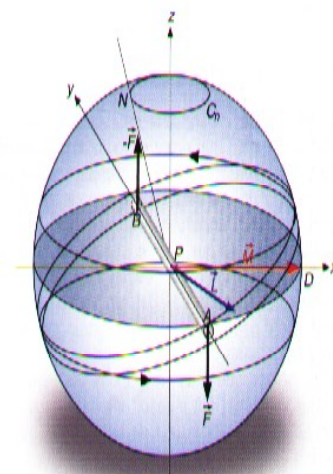
El momento de fuerza se orienta entonces en la dirección del eje y perpendicularmente al plano  $x-z$ . Es, en particular, perpendicular a la dirección del momento angular; el módulo de éste, pues, no variará.

Por consiguiente, debemos impartir al punto de contacto una velocidad distinta de cero. Para lograrlo de la manera más efectiva, se aplicará a la cápsula el mismo movimiento de precesión que se produciría en

Si, en cambio, para la misma posición de la cápsula, el eje de giroscopio no está en el plano  $x-z$ , sino en el eje  $y$  (dibujo inferior), el movimiento de precesión de la cápsula (que ya no se generará por sí solo, sino forzado por la mano del jugador) impartirá al giroscopio un momento de fuerza  $M$  gracias al par  $F, -F$ , un momento que no resultará perpendicular al vector del momento angular. Si  $M$  apunta en la dirección de  $x$ , en cambio, el vector del momento angular  $L$  no tendrá la dirección de la recta  $PA$ , sino aquella con la que el punto  $A$  —por efecto de la rotación alrededor del eje instantáneo de rotación, o sea, de la dirección de  $L$ — tendrá la velocidad hacia abajo debida. ¡Así que  $L$  posee ahora una componente que no desaparece en dirección de  $M$ ! Por claridad, se ha exagerado la desviación del vector del momento angular  $L$  respecto al eje material del giroscopio.

¿En qué consistía, pues, el error de razonamiento que cometimos al creer que no podía acelerarse el giroscopio? En confundir el eje material del giroscopio con el eje instantáneo de rotación.

Cuantitativamente: El giroscopio de un Gyrotwister tiene una masa de unos 250 gramos. De ello se obtiene (para una distribución de masa homogénea) un momento de inercia de  $0,625 \text{ kg cm}^2$ . El momento de fuerza que ejerce el juguete sobre la mano firme es proporcional al cuadrado del número de revoluciones. Para 200 vueltas por segundo (según las instrucciones se pueden alcanzar hasta 230) al menos  $2 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$ . Así pues, el aparato, con un brazo de palanca de 2,5 cm, ejerce una fuerza de 80 N sobre la mano del jugador: ¡treinta veces su propio peso!



la precesión libre de empuje, pero con una fase adelantada 90 grados. Con el subsiguiente movimiento de la cápsula, el punto de contacto  $A$  se moverá hacia abajo, es decir, en la dirección de la fuerza eficaz: puesto que el empuje sobre el giroscopio será distinto de cero, su energía cinética, y con ella su velocidad de rotación, aumentarán.

Desentrañados los entresijos del juguete, el juego ha terminado.