

GRAFICO: ARTUR IMMINSEKTIUM DER WISSENSCHAFT

2. Mientras los márgenes de la ranura-guía obligan al eje del giroscopio "a seguir la pista", ejercen un par de fuerzas (F , $-F$) sobre los puntos A y B. El momento de fuerza que se genera es perpendicular a F y al vector \vec{R} del brazo de palanca, que va de P a A. Como el eje instantáneo de rotación, y por ello el vector del momento angular, apuntan en la misma dirección que \vec{R} , el momento angular y el momento de fuerza serán perpendiculares entre sí

constante (aproximadamente) en dirección y módulo. Y aunque actuara un momento de fuerzas cuyo vector fuera perpendicular al vector del momento angular, sólo cambiaría la dirección de éste, pero no su módulo (dibujo de la derecha, abajo).

Precesión sin empuje

Más interesante que esta rotación libre es el movimiento de precesión. Sujetemos con fuerza la cápsula de tal manera que no se mueva (con las grandes fuerzas que aparecen, lo conseguiremos sólo en cierta medida). La ranura que sirve de guía en la cápsula quedará quieta, pues, en el espacio. El eje del giroscopio se irá desplazando ("precesionará") lentamente por el círculo que le marca la ranura. Al contrario de lo que sucede en la rotación libre, no rozará la cara interna de la ranura, sino que rodará sin deslizamiento por ella (véase la figura 2, donde los márgenes de la ranura que figuran en el dibujo pueden hallarse en cualquier posición), a un lado por el margen "superior", al otro lado por el "inferior".

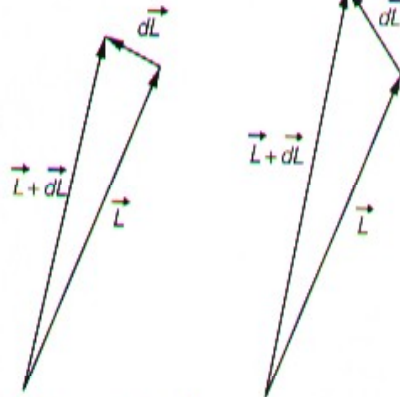
El diámetro de la cápsula y, por tanto del margen de la ranura, es más o menos cincuenta veces mayor que el diámetro del eje del giroscopio allí donde toca el margen: si observamos con mayor detenimiento, veremos que el eje se reduce en sus extremos hasta un grosor de un milímetro, mientras que el juguete entero tiene

más o menos unos cinco centímetros de diámetro. Por tanto, cuando el giroscopio complete cincuenta vueltas, habrá rodado una vez por el perímetro (interno) de la cápsula: la frecuencia de precesión es a la de rotación como el radio del eje giroscópico al de la cápsula; en este caso, 1 a 50.

No intervienen más fuerzas que las que ejercen los márgenes de la ranura sobre los dos extremos del eje del giroscopio. El momento de estas fuerzas es perpendicular al eje del giroscopio. Se debe distinguir entre el eje (material) del giroscopio y el eje instantáneo (infinitamente delgado) de rotación, esto es, la línea recta cuyos puntos tienen en cada instante velocidad cero. Coincide con la recta que pasa por los puntos de contacto A y B; en general cambia con el tiempo. Pero el vector del momento de fuerzas generado por los márgenes de la ranura está dispuesto perpendicularmente al eje instantáneo y, por tanto, también al momento angular: de éste sólo se alterará la dirección (lo que sucede, pues el giroscopio precesiona), pero no su módulo. En particular, el número de revoluciones, que es proporcional al módulo del momento angular, no puede aumentar.

Pasado un corto tiempo dt , el punto de contacto A habrá recorrido un fragmento del margen o círculo superior (véase la figura 2); el punto de contacto B se habrá desplazado el mismo trecho en el círculo inferior. Como resultado, el eje instantáneo de rotación, y con él el vector del momento angular, habrá trazado un cono —muy plano—, con el vértice en el baricentro S.

En la práctica, no se podrá inmovilizar el juguete en la mano. Si ésta se limita a reaccionar con su flexibilidad a las fuerzas de reacción del giroscopio, sin darle ningún impulso intencionadamente, actuará como un sistema de muelles del que estuviese colgado el juguete. Giroscopio y muelles pueden intercambiar energía; lo mismo que cuando unas fuerzas giroscópicas tensan un muelle, que al destensarse devuelve al giroscopio la energía que se le transmitió. Pero así no puede aumentar la energía total del sistema, y con ella el número de revoluciones del giroscopio. Durante ese movimiento el momento de fuerzas permanece perpendicular al momento angular (véase el recuadro "El caprichoso movimiento del giroscopio").



3. Si la variación $d\vec{L}$ del momento angular \vec{L} es perpendicular al propio \vec{L} , de éste sólo variará la dirección (izquierda). Su módulo sólo crecerá cuando $d\vec{L}$ tenga una componente en dirección de \vec{L} (derecha)

Empuje

Si se desea que el giroscopio dé más vueltas por segundo, se le tendrá que proporcionar energía, es decir, realizar un trabajo. El trabajo es "fuerza por recorrido"; o más exactamente: fuerza por la componente del recorrido en la dirección de la fuerza. Pero sólo podremos ejercer una fuerza a través del punto de contacto del eje del giroscopio y el margen de la ranura, que hasta ahora era siempre un punto del eje ins-