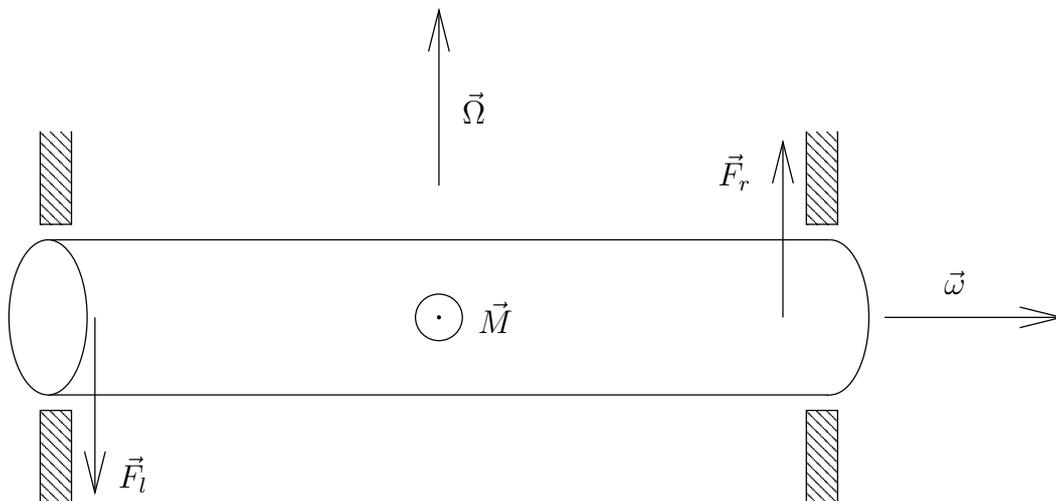


Wie funktioniert der Powerball?

Hans Aschauer

18. Juni 2002

1 Warum braucht man ein Lager mit Spiel?



Der gezeichnete Zylinder ist der Kreisel im Powerball. Er rotiert mit der Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$. Die Rotationsrichtung entspricht dabei der „Rechten-Hand-Regel“: Bildet man mit der rechten Hand eine Faust mit ausgestrecktem Daumen, und zeigt der Daumen in Pfeilrichtung, dann zeigen die anderen vier Finger die Drehrichtung an.

Wenn nun (aus welchem Grund auch immer) der Kreisel um die $\vec{\Omega}$ -Achse gedreht wird, so entsteht ein (Kreisel-)Drehmoment \vec{M} , das durch $\vec{M} = J\vec{\omega} \times \vec{\Omega}$ gegeben ist. J ist dabei das Trägheitsmoment des Kreisels (bei Rotation um die Symmetrieachse), und „ \times “ ist das Kreuzprodukt von Vektoren. Auch hier gibt es eine „Recht-Hand-Regel“, nämlich die, die man von bewegten Leitern in Magnetfeldern kennt: $\vec{\omega}$ ist der Daumen, $\vec{\Omega}$ ist der Zeigefinger, und die Richtung vom „Ergebnis“ \vec{M} wird durch den Mittelfinger angezeigt.

Achtung: In Formelsammlungen findet man diese Formel oft mit umgekehrtem Vorzeichen; dann ist das Drehmoment aber das sog. Lagermoment, also das Drehmoment, das die Lagerung auf die Kreiselachse ausüben muß (und das ist natürlich dem Drehmoment, das die Kreiselachse auf das Lager ausübt, entgegengesetzt).

Das Drehmoment \vec{M} ist aus der Zeichenebene heraus gerichtet. Das bedeutet, daß die linke Seite der Achse mit einer Kraft \vec{F}_l nach unten gedrückt wird, und die rechte Seite mit einer Kraft \vec{F}_r nach oben. Da aber die Lagerachse selbst rotiert, bedeutet das, daß die linke Seite

der Achse aus der Zeichenebene heraus rollt, und die rechte Seite in die Zeichenebene hinein: Insgesamt rotiert der Kreisel langsam in $\vec{\Omega}$ -Richtung.

Wem das jetzt zu abstrakt war, der kann das ganze einfach ausprobieren: Bilde mit Daumen und Zeigefinger der rechten Hand ein (spiegelverkehrtes) „C“. Lege einen Stift *auf* den Daumen und *unter* den Zeigefinger. Wenn Du den Stift um seine Achse drehst, so daß er auf dem Daumen und unter dem Zeigefinger rollt, siehst Du, daß sich die Rotationsachse dreht.

Fazit: rotiert die Kreiselachse erst einmal, so behält sie diese Bewegung bei.

Man kann dieses Verhalten des Powerballs beobachten, wenn sich der Kreisel schnell dreht, und man versucht, denn Ball so still wie möglich zu halten: Die Kreiselachse rotiert, und deutlich ist das Lagermoment $-\vec{M}$ zu spüren, das man selbst aufbringen muß, um den Kreisel in Ruhe zu halten. Manchmal klappt das ganze Spiel aber um, nämlich wenn die Achse etwas wackelt, und die linke Seite plötzlich den oberen Rand berührt (und die Rechte den unteren): die Drehbewegung der Achse kehrt um ($\vec{\Omega} \rightarrow -\vec{\Omega}$), und auch in dieser Konfiguration ist die Dynamik stabil.

2 Warum kann man durch die Drehbewegung den Powerball beschleunigen?

Jetzt wird noch etwas komplizierter. Aber wer den vorherigen Abschnitt verstanden hat, sollte jetzt auch keine Probleme haben.

In welche Richtung muß man drehen, damit der Powerball schneller wird? Nun, um Arbeit am Ball zu leisten, gibt es zwei Möglichkeiten: entweder muß man ihn gegen eine Kraft bewegen, oder gegen ein Drehmoment drehen. Wenn man alle Kräfte, die am Ball wirken, zusammenzählt, bleibt gerade die Gewichtskraft übrig. Man kann den Ball also anheben, dann nimmt seine Energie zu, nämlich die potentielle Energie. Aber dann dreht er sich noch nicht schneller. . .

Bleibt also die zweite Möglichkeit: Man muß den Ball gegen das Drehmoment \vec{M} drehen, also die linke Seite anheben, und die rechte Seite absenken. Nach der „Rechten-Hand-Regel“ ist das eine Drehbewegung $\vec{\Omega}'$, die in die Zeichenebene hinein zeigt. Das ergibt wieder ein Kreiselmoment $\vec{M}' = J\vec{\omega} \times \Omega'$, das nach oben zeigt. Wiederum mit der „Rechten-Hand-Regel“ sehen wir, da das nicht anderes ist, als auf das linke Achsenende eine Kraft aus der Zeichenebene heraus, und auf das rechte Achsenende eine Kraft in die Zeichenebene hinein: der Kreisel wird beschleunigt.

Natürlich muß man mit der Drehrichtung der Bewegung der Achse folgen. Das ergibt dann genau diese „eiernde“ Bewegung, die man vollführen muß, um den Powerball zu beschleunigen.