

14 Experimente zum Drehimpuls

Thema

Damit die Vorstellung entsteht, dass der Drehimpuls eine eigenständige (nicht „abgeleitete“) physikalische Größe ist, machen wir Experimente, die analog sind zu Experimenten, die man mit dem normalen Impuls und mit der elektrischen Ladung macht. Anschaulich ist der Drehimpuls das, was man bei einem rotierenden Rad als Schwung bezeichnen würde. Das Schwungrad hat seinen Namen zu Recht.

Das Gerät

Man braucht zwei große Schwungräder mit einem Griff an der Achse, z. B. den „Fahrradkreisel“ von PHYWE. Außerdem einige Teile, die man selbst bauen kann. Für andere wird eine Werkstatt gebraucht – siehe die einzelnen Experimente.

Die Schwungräder können entweder direkt von Hand oder z.B. mit Hilfe einer an einer elektrischen Bohrmaschine montierten Gummischeibe (aus dem Baumarkt), in Drehung versetzt, d.h. mit Drehimpuls geladen werden (siehe Video 2). Bei einigen Experimenten müssen die Schwungräder über eine Rutschkupplung verbunden werden. Dazu kann man ein kurzes Stück Gartenschlauch an einem der Schwungräder konzentrisch zu seiner Achse befestigen, und am anderen einen Flaschenkorken, der sich in den Schlauch hinein stopfen lässt, Abbildung 1 links oben. (In dem Bild darunter und in den Videos ist die Rutschkupplung anders realisiert.) Bei einem anderen Versuch werden die Schwungräder über eine Spiralfeder verbunden. Sie kann so installiert werden, dass sie automatisch auskuppelt, wenn sie nicht unter Spannung steht (Abbildung 1 rechts).

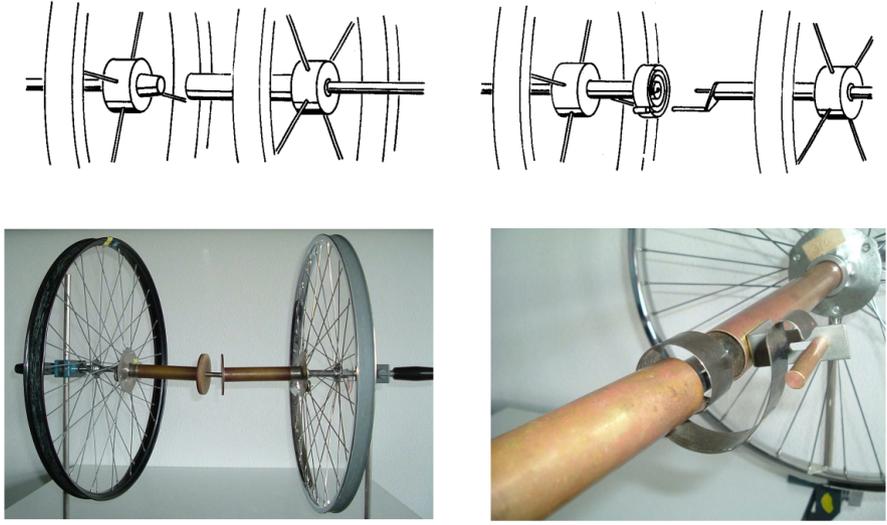


Abb. 1. Links: Rutschkupplung aus Flaschenkorken und Gartenschlauch (oben) oder mit zwei Scheiben und einem Zentrierstift; rechts: Elastische Kopplung mit Spiralfeder

Der Versuch

1. Man beginnt mit einem eher trivial anmutenden „Versuch“: Das Schwungrad wird in Drehung versetzt, und dann in der Gegend herumgetragen, und zwar so, dass sich die Orientierung der Achse dabei nicht ändert.

Das entsprechende hätte man auch mit der elektrischen Ladung einer Konduktorkugel machen können, nicht dagegen mit dem Impuls. Experimente mit dem Impuls sind immer nach wenigen Sekunden vorbei, nämlich wenn das Fahrzeug an der Wand des Hörsaals oder der Luftkissengleiter am Ende der Luftkissenbahn angekommen ist. Den Satz: „Jetzt hat der Körper Drehimpuls“ kann man also ganz langsam aussprechen – einer der Gründe, warum das Experimentieren mit dem Drehimpuls so suggestiv ist.

Man wird dann das Schwungrad mit der Hand abbremsen, bis es still steht. Der Drehimpuls fließt dabei in die Erde ab.

2. Man realisiert einen „inelastischen Stoß“, Video 1.

Man macht den Versuch zu zweit. Jeder hält eines der Schwungräder. Das eine wird in Drehung versetzt, das andere dreht sich zunächst nicht. Die Schwungräder werden nun über die Rutschkupplung aneinander gekoppelt. Dabei fließt Drehimpuls von dem einen ins andere, und zwar so lange, bis die Winkelgeschwindigkeiten gleich geworden sind. Der Zustand ist ein Gleichgewichtszustand, es herrscht „Rotationsgleichgewicht“; alle Entropie, die erzeugt werden konnte, wurde erzeugt, mehr geht nicht.

Video 2 zeigt einen inelastischen Stoß, bei dem die beiden Schwungräder vorher mit Drehimpuls vom gleichen Betrag, aber entgegengesetzter Richtung geladen wurden. Beim „Stoß“ kommen beide zur Ruhe. Der Gesamtdrehimpuls ist vor und nach dem Stoß null.

3. Einen „elastischen Stoß“ realisiert man mit Hilfe der Spiralfederkopplung, Video 3. Sobald der ganze Drehimpuls im linken Schwungrad angekommen ist, wird die Verbindung unterbrochen.

4. Die Schwungräder werden über die Spiralfeder miteinander gekoppelt, die Kopplung wird aber nicht unterbrochen, Video 4. Der Drehimpuls pendelt zwischen den beiden Schwungrädern hin und her.

5. Eine Antriebswelle hat die Aufgabe Drehimpuls zu übertragen, oder zu leiten. Ist die Welle etwas elastisch, d.h. lässt sie sich verdrillen, so sieht man ihr an, ob und wie viel Drehimpuls durch sie hindurchgeht, Abb. 2.

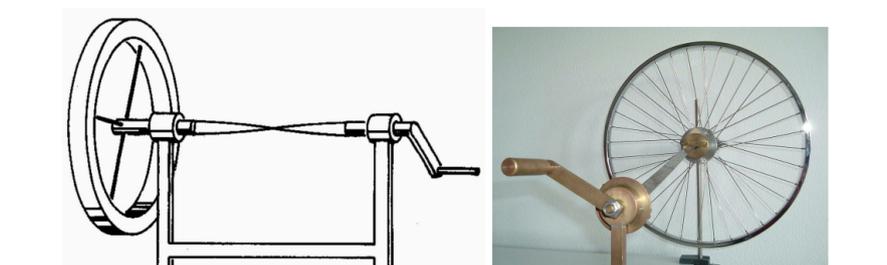


Abb. 2. Das Schwungrad wird durch drehen der Kurbel mit Drehimpuls geladen. Der Drehimpuls fließt durch das Stahlband von der Kurbel zum Schwungrad. Man sieht dem Drehimpulsleiter an, ob und wie viel Drehimpuls (pro Sekunde) fließt, d.h. wie stark der Drehimpulsstrom ist.

Was man daraus lernen kann

Der Drehimpuls ist eine Größe, für die wir eine gute Anschauung haben.

Viele Vorgänge, bei denen Drehimpuls im Spiel ist, haben ein Analogon in der Translationsmechanik und in der Elektrizitätslehre.

Videos

„Inelastischer Stoß“ 1

Drehimpuls geht so lange vom linken zum rechten Schwungrad, bis die beiden Winkelgeschwindigkeiten gleich geworden sind.

„Inelastischer Stoß“ 2

Die beiden Schwungräder haben vor dem „Stoß“ Drehimpuls vom gleichen Betrag, aber entgegengesetzter Richtung. Beim „Stoß“ kommen sie beide zur Ruhe. Der Gesamtdrehimpuls ist vor und nach dem Stoß null.

„Elastischer Stoß“

Der ganze Drehimpuls geht vom rechten zum linken Schwungrad.

Drehimpulsschwingung

Der Drehimpuls schwingt zwischen zwei Schwungrädern hin und her.

Literatur

<http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/download/drehimpuls.pdf>