

10 Direkte Messung des Drehimpulses 1

Thema

Wenn man den Drehimpuls als eigenständige Größe einführen möchte, sollte man ein direktes Messverfahren vorstellen.

Wir beginnen mit einer kurzen allgemeinen Betrachtung zur Bestimmung der Werte extensiver (mengenartiger) Größen im Allgemeinen.

Zunächst ein Verfahren, das zwar praktisch sein kann, weil es technisch einfach ist, das aber im Zusammenhang mit der Einführung der Größe im Unterricht oder in der Vorlesung eher ungeeignet ist: Man berechnet den Wert mit Hilfe aus anderen gemessenen Größen über eine Art Zustandsgleichung, d.h. eine Gleichung, die die Eigenschaft eines bestimmten Systems oder einer Systemklasse beschreibt. So kann man die elektrische Ladung auf den Platten eines Kondensators bestimmen über die Gleichung

$$Q = C \cdot U$$

indem man sich zunächst die Kapazität beschafft, und dann die leicht messbare Spannung bestimmt.

Ebenso kann man den Impuls eines sich nicht zu schnell bewegenden Körpers oder Teilchens (aber nicht etwa eines Photons) messen über

$$p = m \cdot v$$

oder den Drehimpuls über die ebenfalls nicht allgemein gültige Gleichung

$$L = m r \times v$$

Um diese Verfahren geht es uns hier nicht. Wir wollen die extensive Größe direkt messen; wir wollen sie durch „direkte Metrisierung“ einführen.

Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Man überträgt die zu messende Menge an Masse, Ladung, Impuls, Drehimpuls oder Entropie auf das Messgerät und dieses reagiert durch einen Ausschlag. Beispiele hierfür sind die Waage im Fall der Masse, das Elektrometer für die Ladung, das in unserm 5. Artikel vorgestellte Verfahren zur Impulsmessung, das Eiskalorimeter für die Entropiemessung. Wir werden in einem späteren Artikel ein entsprechendes Verfahren zur Drehimpulsmessung kennen lernen.

2. Man sorgt dafür, dass ein zeitlich konstanter Strom der zu messenden Größe realisiert wird, und misst Stromstärke und Zeit, also etwa: Man lädt einen Körper bei konstanter elektrischer Stromstärke I während einer bestimmten Zeit t und weiß dann, dass seine Ladung

$$Q = I \cdot t$$

beträgt. Auch dieses Verfahren lässt sich auf andere mengenartige Größen übertragen. Eine entsprechende Entropiemessung werden wir in einem späteren Artikel vorstellen. Im Augenblick soll es um die Messung des Drehimpulses gehen. Insbesondere wollen wir untersuchen, wie der Drehimpuls einer rotierenden Hantel vom Abstand der rotierenden Körper vom Drehpunkt abhängt.

Das Gerät

Die Hantel ist etwa 1 m lang. Die beiden Gewichte (kleine Stativfüße sind geeignet) lassen sich in radialer Richtung verschieben, Abb. 1.

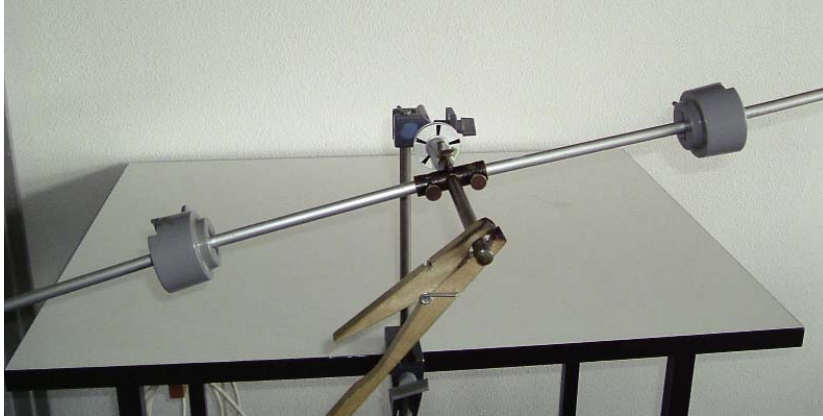


Abb. 1. Der Abstand der Gewichte vom Drehpunkt lässt sich verändern.

Die Hantel ist an einer gut gelagerten Achse (wie man sie in der Schulsammlung findet) fest montiert. An eine elektrische Handbohrmaschine montiert man eine Gummischeibe (aus dem Baumarkt), mit der man die Hantel auf eine reproduzierbare Winkelgeschwindigkeit bringen kann. Außerdem braucht man eine Wäscheklammer (oder eine Klammer aus der Chemiesammlung zum Halten eines Reagenzglases) und eine Stoppuhr.

Der Versuch

Die Gewichte sitzen zunächst ganz außen. Mit Hilfe der Bohrmaschine versetzt man die Hantel in Drehung. Man klemmt nun die Wäscheklammer an die Achse, hindert sie aber daran, mitzurotieren, Abb. 2, sodass die Rotation der Hantel gebremst wird. Man misst die Zeit, die vergeht, bis die Hantel zum Stillstand kommt. Man wiederholt den Versuch, nachdem man den Abstand der Gewichte zum Drehpunkt halbiert hat.



Abb. 2. Durch die Gleitreibung zwischen Klammer und Achse wird ein Drehimpulsstrom realisiert, der unabhängig von der Winkelgeschwindigkeit ist.

Der Abfluss des Drehimpulses über die Wäscheklammer ist zeitlich konstant, da wir es mit Reibung zwischen zwei festen Körpern zu tun haben. In diesem Fall ist die Reibungskraft bekanntlich unabhängig von der Geschwindigkeit.

(Achtung Gefahr: Die Gewichte könnten sich lösen und durch die Gegend fliegen.)

Was man daraus lernen kann

Zum einen lernt man natürlich, wie einfach es ist, den Drehimpuls direkt zu messen. (Eine Einheit festzulegen wäre nur eine technische Frage, die uns hier nicht interessiert.) Vor allem aber lernt man, dass der Drehimpuls bei konstanter Winkelgeschwindigkeit proportional zum Quadrat des Abstandes der Körper vom Drehpunkt ist. Natürlich ist das Verfahren nicht sehr genau. Es reicht aber aus, um zu zeigen, dass der Drehimpuls besser durch eine quadratische als eine lineare Abhängigkeit vom Radius beschrieben werden kann. Ein großer Vorteil ist, dass das Verfahren so einfach und gut durchschaubar ist. Schließlich ist es auch wichtig, dass man später in der E-Lehre den analogen Versuch zur Ladungsmessung macht.

[1] Hauptmann, H., *Drehimpuls und Drehimpulsströme*, Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule, Heft 1/61 (2012), S. 26