

Schüler Experimente

Versuchsanleitung

KRÄFTE UND DREHBEWEGUNG

P9110-4P



www.ntl.at

INHALTSVERZEICHNIS

1. GLEICHGEWICHT AM HORIZONTALLEN MOMENTENTISCH

- MEK 1.1 Zusammensetzung mehrerer Kräfte
- MEK 1.2 Angriffspunkt von Kräften - Drehmoment

2. GLEICHGEWICHT AM VERTIKALEN MOMENTENTISCH

- MEK 2.0 Versuchsaufbau
- MEK 2.1 Gleichgewicht der Drehmomente
- MEK 2.2 Krafrichtung beim zweiseitigen Hebel

3. COMPUTERUNTERSTÜTZTE MESSUNGEN

- MEK 3.0 Einstellung der elektronischen Datenaufnahme
- MEK 3.1 Rotationsbewegung – Messung des Trägheitsmomentes
- MEK 3.2 Rotationsbewegung – Abhängigkeit des Trägheitsmomentes von der Masseverteilung
- MEK 3.3 Rotationsbewegung - Drehmoment

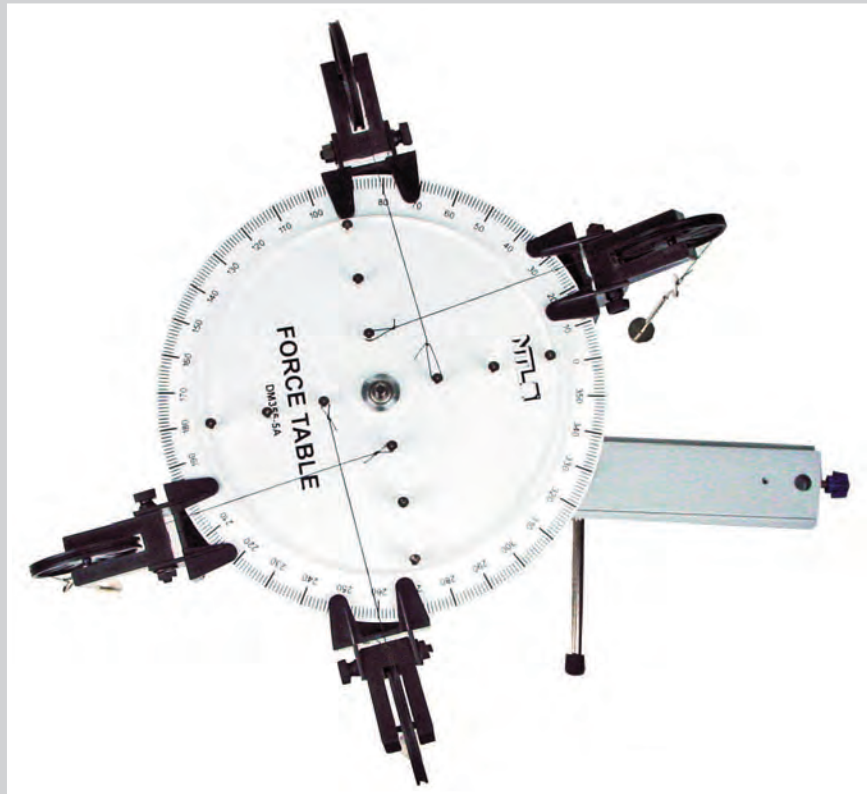
ANGRIFFSPUNKT VON KRÄFTEN - DREHMOMENT

MEK 1.2

Benötigte Boxen:

P9901-4A Stativ- und Aufbaumaterial

P9902-4P Kräfte und Drehbewegung



Material:

- 1x Stativschiene 300 mm
- 2x Stativstange, rund, 250 mm
- 2x Kunststoffkappe für Stativstangen
- 1x Rundmuffe
- 1x Kräfte-Tisch
- 1x Momentenaufsatz für Kräfte-Tisch
- 4x Fäden mit Schlaufen für Momentenaufsatz
- 4x Umlenkrolle, KS
- 4x Teller für Schlitzgewichte 10 g
- 3x Schlitzgewicht 5 g
- 4x Schlitzgewicht 10 g
- 1x Schlitzgewicht 20 g
- 5x Schlitzgewicht 50 g



In der Physik unterscheidet man grundsätzlich zwischen skalaren Größen und vektoriellen. Neben der Richtung und dem Betrag einer Kraft ist es auch wichtig, wo eine Kraft an einem Körper angreift. Wenn eine Kraft im Schwerpunkt eines Körpers angreift, dann kann sie ihn nur in eine Richtung verschieben. Wenn dieselbe Kraft aber an einem anderen Punkt angreift, zum Beispiel am äußeren Bereich eines Rades, dann hängt es von der Richtung der Kraft ab, ob der Körper nur verschoben wird, oder ob er rotiert. Im Allgemeinen wird der Körper immer zu rotieren beginnen, wenn die Verlängerung des Pfeils der angreifenden Kraft nicht durch den Schwerpunkt (bzw. Drehpunkt) geht.

Man drückt eine Türklinke umso leichter runter, je weiter weg vom Drehpunkt man rückt. Mit einem Hebel hebt man umso leichter etwas hoch, je weiter weg vom Drehpunkt man drückt. Daraus kann man erkennen, dass nicht nur Betrag und Richtung einer Kraft ausschlaggebend sind, sondern auch der Punkt wo die Kraft angreift. Eine Kraft kann also einen Körper in Rotation versetzen. Ob und wie sich der Körper drehen wird, entscheidet das zur Kraft gehörende Drehmoment. Das Drehmoment N ist ein Vektor und ergibt sich im 3 dimensionalen aus:

$$\vec{N} = \vec{F} \times \vec{r}$$

Dabei ist F die wirkende Kraft und r der Verbindungsvektor zwischen dem Drehzentrum und dem Angriffspunkt der Kraft. N steht im 3 dimensionalen Fall senkrecht auf F und r und sein Betrag. Es ist am größten wenn F und r normal aufeinander stehen.

In unseren 2 dimensionalen Versuchen gibt es nur zwei mögliche Richtungen für das Drehmoment. Entweder wirkt es im, oder gegen den Uhrzeigersinn. Es ist Konvention, Drehmomente die im Uhrzeigersinn wirken, mit einem negativen Vorzeichen zu versehen. Der Betrag des Drehmoments ergibt sich zu:

$$|\vec{N}| = |\vec{F}| * |\vec{r}| * \sin \theta$$

Dabei ist θ der Winkel zwischen den Vektoren F und r .

Das Drehmoment ist für die Rotation das gleiche wie die Kraft für die Translation (geradlinige Bewegung). Das bedeutet, es gibt auch für die Rotation einen Trägheitssatz. Dieser lautet:

Ein Körper auf den keine Drehmomente wirken bleibt in Ruhe, oder wenn er schon rotiert, bleibt er in gleichförmiger Rotation.

(Dies gilt natürlich auch wenn auf einen Körper Drehmomente wirken, die sich gegenseitig vollkommen aufheben.)

Um solche Körper an welchen sich die Drehmomente im Gleichgewicht befinden geht es auch im nächsten Versuch.

ANGRIFFSPUNKT VON KRÄFTEN - DREHMOMENT

MEK 1.2

Vorbereitung:

Aufbau gemäß Abbildung.

Eine der 25 cm Stativstangen wird durch die Querbohrung der Stativschiene geschoben und mittels Rändelschraube fixiert. An beiden Enden der Stativstange werden die Kunststoffkappen angebracht. Die zweite 25 cm Stativschiene wird mit Hilfe der Rundmuffe mit dem Kräftetisch verbunden. Das andere Ende der Stativstange wird senkrecht in der Stativschiene fixiert. Der Drehmomentaufsatz wird auf den Kräfte-Tisch geschraubt. Die vier Fäden werden an die vier innersten Zapfen des Drehmomentaufsatzes gehängt (Abstand zum Zentrum 2,5 cm; Abstand zwischen den Zapfen jeweils 2,5 cm). An jede Schnur wird am anderen Ende ein Teller für Schlitzgewichte angehängt. Die vier Umlenkrollen werden so angebracht, dass Kraftarm (Verbindungsline zwischen Zentrum und Angriffspunkt) und die dazugehörige Kraft einen Winkel von 90° einschließen. Die Schnüre sollen so angebracht werden, dass sich die Drehmomente ausgleichen. Es sollen also zwei gleich große Drehmomente in beide Richtungen wirken (siehe Abbildung).

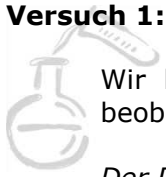


In dieser „Grundstellung“ gleichen sich die Drehmomente aus.

ANGRIFFSPUNKT VON KRÄFTEN - DREHMOMENT

MEK 1.2

Versuch 1:



Wir beschweren jetzt einen der Teller für Schlitzgewichte mit weiteren 20 g. Was beobachten wir?

Der Drehteller beginnt sich zu entsprechend dem wirkenden Drehmoment zu drehen.

Auf welche Teller müssten wir insgesamt 20 g Masse legen um die Drehmomente wieder auszugleichen?

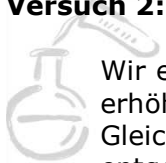
Die 20 g können auf die beiden entgegengerichteten Teller beliebig verteilt werden.

Welche Drehmomente wirken in die gleiche Richtung?

Jeweils die zwei gegenüberliegenden.

Wir entfernen die Massen und lassen nur die Teller für Schlitzgewichte an den Schnüren.

Versuch 2:



Wir erhöhen die Masse an drei Tellern für Schlitzgewichte um 50 g. An einem der Teller erhöhen wir die Masse auf insgesamt 120 g (Teller 10 g + Massen 110 g). Nun ist das Gleichgewicht wieder gestört. An welchen Haltezapfen müsste eine der zwei entgegengerichteten Schnüre angebracht werden um das Gesamtdrehmoment wieder auszugleichen? (Vor dem Umhängen muss man auch immer die Umlenkrolle so platzieren, dass die Schnur gerade über die Rolle führt. Auch der Winkel zwischen Kraftarm und Kraft muss wieder 90° sein, da auch der Sinus dieses Winkels für den Betrag eine Rolle spielt.)

Einer der beiden entgegengerichteten Schnüre müsste auf dem Haltezapfen befestigt werden der 2,5 cm weiter draußen liegt.

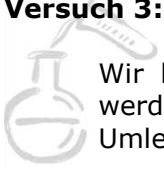
Wie könnte man das Drehmoment ausgleichen, wenn man zwei Kräfte die in eine Richtung wirken verdoppelt, ohne auch die Gegenkräfte zu verdoppeln?

Man könnte beide entgegengerichteten Schnüre auf die entsprechenden Haltezapfen befestigen, die sich 5 cm vom Zentrum entfernt befinden.

ANGRIFFSPUNKT VON KRÄFTEN - DREHMOMENT

MEK 1.2

Versuch 3:



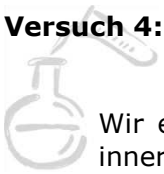
Wir lassen jetzt drei der vier Drehmomente in eine Richtung wirken. Drei Schnüre werden an den 5 cm vom Zentrum entfernten Haltezapfen befestigt. Die zugehörigen Umlenkrollen müssen richtig platziert werden (siehe Abbildungen).

An allen drei Schnüren hängen nur die Teller für Schlitzgewichte und zusätzlich je ein 5 g Schlitzgewicht. Die vierte Kraft soll an einem der vier innersten Haltezapfen angreifen. Dieses vierte Drehmoment soll die drei anderen ausgleichen. Wie viel Masse muss an die Schnur gehängt werden?

Es müssen insgesamt 90 g an der vierten Schnur hängen, um das Drehmoment auszugleichen.



Versuch 4:



Wir entfernen jetzt eine der Umlenkrollen. Drei der vier Schnüre werden um drei der innersten Haltezapfen gelegt (die vierte Schnur wird nicht benötigt). An eine dieser drei Schnüre wird in einem Winkel von 90° über eine Umlenkrolle ein Gewicht von $0,6\text{ N}$ gehängt. An den beiden anderen Schnüren sollen auch jeweils $0,6\text{ N}$ wirken. Welchen Winkel müssen Kraftarm und Kraft einschließen damit sich die Drehmomente aufheben (beide Winkel sollen gleich groß sein, sonst gibt es unendlich viele Lösungen)? Die Lösungen sollen ausgerechnet, und danach mit dem Geodreieck auf dem Kräftetisch eingestellt werden. Somit kann das Gleichgewicht überprüft werden.

Die Winkel müssen 30° oder 150° bzw. 210° oder 330° groß sein. Der Sinus der ersten beiden Winkel beträgt $0,5$, der Sinus der beiden letzten beträgt $-0,5$.



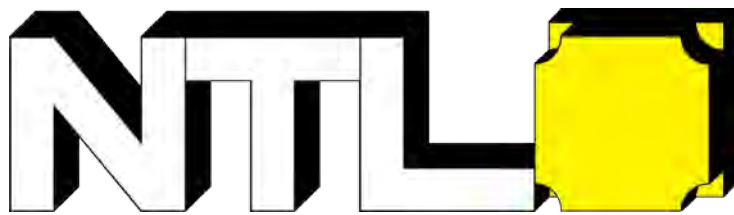
Erkenntnis:

Das von einer Kraft verursachte Drehmoment ist von der Entfernung der Wirkungslinie der Kraft vom Drehzentrum abhängig (= Kraftarm).

Ist der Abstand zwischen Angriffspunkt und Drehpunkt = r , und der Winkel zwischen Krafrichtung und Verbindung: Angriffspunkt - Drehzentrum = α , dann ist der Kraftarm = $r \cdot \sin \alpha$.

Je länger der Kraftarm desto größer ist bei gleicher Kraft das Drehmoment.

Der Trägheitssatz für die Rotation besagt, dass ein Körper auf den kein Drehmoment wirkt, in gleichförmiger Rotation (konstante Winkelgeschwindigkeit) oder in Ruhe verharrt.



Schüler Experimente

© Fruhmann GmbH
NTL Manufacturer & Wholesaler

Werner von Siemensstraße 1
A - 7343 Neutal
Austria

www.ntl.at