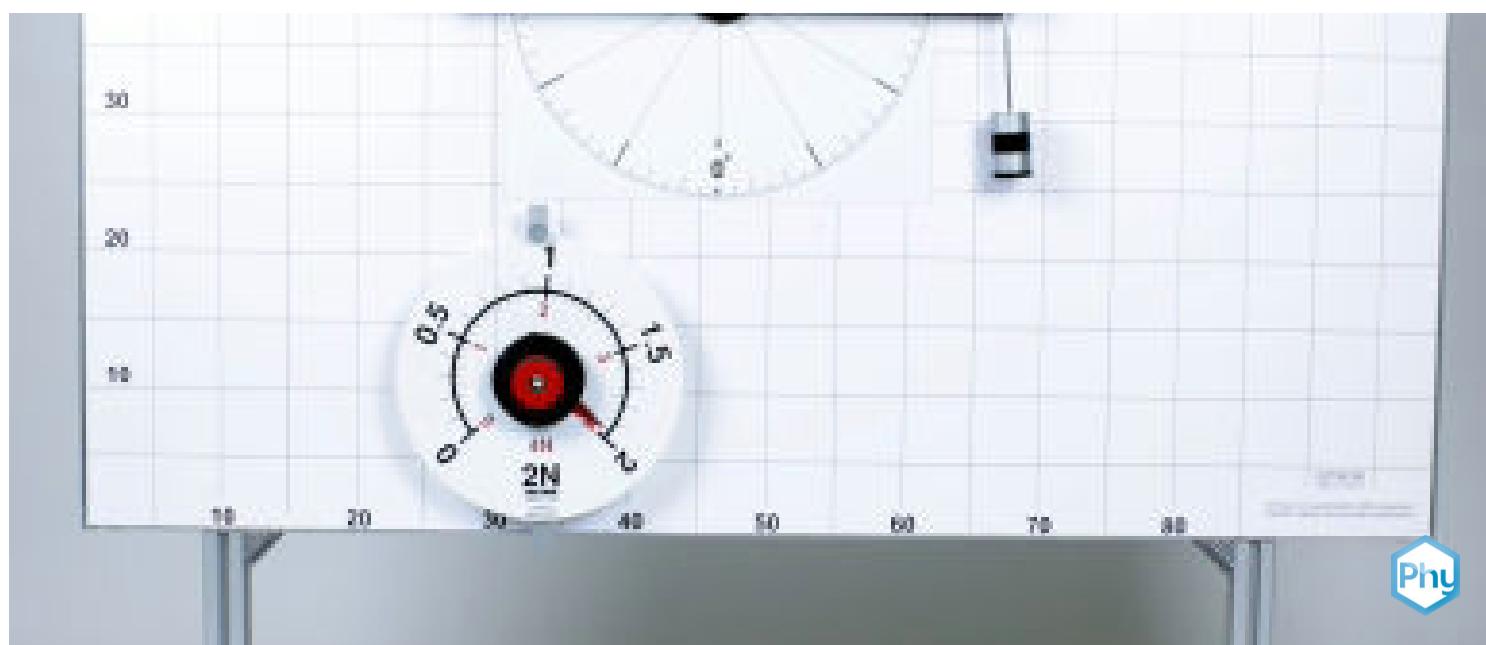


Drehmoment



P1253500

Physik

Mechanik

Kräfte, Arbeit, Leistung & Energie

Applied Science

Ingenieurwesen

Angewandte Mechanik

Statik



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/645c0004f8066100024b19ef>



Allgemeine Informationen

Anwendung

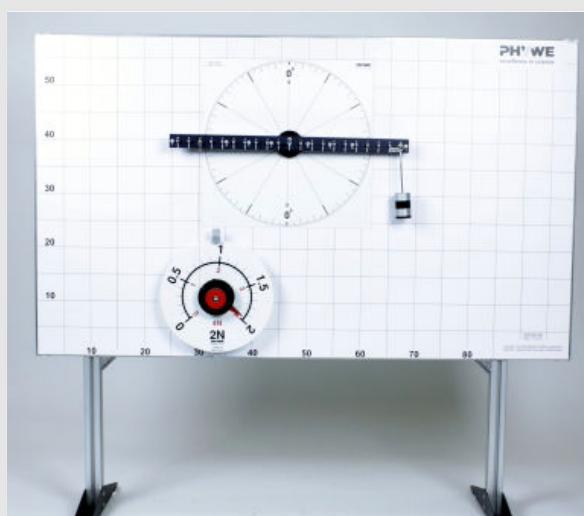


Abb. 1: Versuchsaufbau

Ein Drehmoment ist die außen angreifende Kraft an dem Radius, bei dem der Angriffspunkt der Kraft maximal vom Drehpunkt entfernt ist. Das Drehmoment gibt an, wie stark eine Kraft auf einen drehbar gelagerten Körper wirkt.

Drehmoment wird in vielen verschiedenen Bereichen angewendet, z.B. Robotik, Mechanik, Elektrotechnik und Fahrzeugindustrie. Im Alltag wird das Drehmoment überall verwendet, z.B. beim Festziehen von Schrauben oder bei Motorwellen. Wenn Sie ein Fahrrad fahren, müssen Sie ein Drehmoment auf die Pedale ausüben, um das Fahrrad vorwärts zu bewegen. Ein höheres Drehmoment erlaubt es Ihnen, schneller zu fahren oder eine steilere Steigung zu bewältigen.

Sonstige Informationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler benötigen Vorkenntnisse über das Drehmoment. Es ist auch wichtig, das Drehmomentengleichgewicht zu kennen.

Prinzip



Es soll nachgewiesen werden, dass ein um eine Achse drehbarer Körper, an dem Kräfte exzentrisch angreifen, in Ruhe verharrt, wenn sich die durch die Kräfte hervorgerufenen Drehmomente kompensieren (Drehmomentengleichgewicht).

Sonstige Informationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler sollen bei diesem Experiment exemplarisch das Drehmoment und das Drehmomentengleichgewicht verstehen.

Aufgaben



Die Aufgabe dieses Versuches besteht darin, dass die Gewichtskraft F_1 , die vom Kraftmesser gemessene Kraft F_2 und die Kraftarme l_1, l_2 beobachtet und verglichen werden, um die hintergeckten Beziehungen zu entdecken.

Sicherheitshinweise

PHYWE



Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise für das sichere Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Theorie (1/2)

PHYWE

Ein Drehmoment ist die außen angreifende Kraft, und den Radius, mit dem der Angriffspunkt der Kraft vom Drehpunkt entfernt ist. Das gibt an, wie stark eine Kraft auf einen drehbar gelagerten Körper wirkt.

Eine Kraft \vec{F} im senkrechten Abstand \vec{s} von einer festen Drehachse, do erzeugt sie ein Drehmoment \vec{M} , für das gilt:

$$\vec{M} = \vec{s} \cdot \vec{F}$$

sowie

$$M = s \cdot F \cdot \sin\alpha$$

α bezeichnet den Winkel zwischen der Kraftrichtung und der Verbindungsgeraden vom Drehzentrum zum Angriffspunkt der Kraft.

Theorie (2/2)

PHYWE

Im Versuch ist ein um eine Achse drehbarer Körper im Gleichgewicht, das heißt, dass sich alle an ihm wirkenden Drehmomente gegenseitig ausgleichen.

Wenn die Summe aller wirkenden Drehmomente auf einem bestimmten Punkt als feste Drehachse nicht gleich Null ist, führt der Körper eine Rotation um diese Drehachse aus.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Hafttafel mit Gestell, Demo Physik	02150-00	1
2	Achse auf Haftmagnet	02151-02	1
3	Torsionskraftmesser, 2 N/4 N	03069-03	2
4	Maßstab für Demo-Tafel	02153-00	1
5	Gewichtsteller für Schlitzgewichte	02204-01	2
6	Schlitzgewicht, silberbronziert, 10 g	02205-03	4
7	Schlitzgewicht, silberbronziert, 10 g	02205-03	4
8	Schlitzgewicht, silberbronziert, 50 g	02206-03	2
9	Schlitzgewicht, silberbronziert, 50 g	02206-03	2
10	Hebel	03960-00	1
11	Winkelscheibe, magnethaftend	08270-09	1
12	Labor-Marker, abwaschbar, schwarz	46402-01	1
13	Schraubzwinge	02014-01	2

PHYWE

Aufbau und Durchführung

Aufbau

PHYWE

Aufbau 1

- Lege eine Winkelscheibe auf die Demo-Tafel auf.
- Zeichne mit Hilfe des Maßstabes Linien durch den Mittelpunkt der Scheibe, die mit der waagerechten Linie Winkel von 15° , 30° , 45° und 60° bilden und - vom Mittelpunkt her gesehen – etwa 22 cm lang sind (vgl. Abb. 2).

Aufbau 2

- Platziere Achse und Hebel wie im Versuch 1.

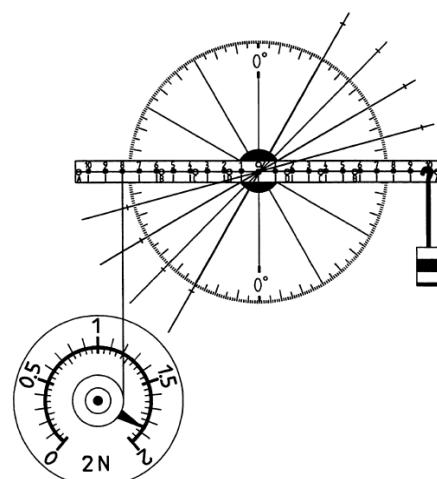


Abb. 2: Versuchsaufbau

Durchführung 1 (1/2)

PHYWE

- Belaste einen Gewichtsteller mit Schlitzgewichten ($3 \times 50\text{ g}$), setze den Kraftmesser auf die Demo-Tafel auf und messe die Gewichtskraft F_1 für den belasteten Gewichtsteller; notiere F_1 in Tabelle 1.
- Setze die Achse auf Haftmagnet so auf die Winkelscheibe auf, dass sich die Achse genau vor dem Mittelpunkt der Scheibe befindet.
- Stecke den Hebel so auf die Achse, dass er um seinen Schwerpunkt drehbar gelagert ist.
- Demonstriere, dass der Hebel in jeder Lage verharren kann (sich im Gleichgewicht befindet).
- Hake die Gewichtsteller bei Marke Nr. 10, rechts, und die Zugschnur des Kraftmessers bei Marke Nr. 8, links, ein.
- Verschiebe den Kraftmesser, bis der Hebel waagerecht steht und die Zugschnur des Kraftmessers senkrecht zum Hebel verläuft (Abb.2).

Durchführung 1 (2/2)

PHYWE

- Notiere die vom Kraftmesser angezeigte Kraft F_2 .
- Notiere ebenfalls die Länge der Kraftarme $l_1 = l_{W1}$ und $l_2 = l_{W2}$.
- Drehe den Hebel in vorgesehenen Schritten von 15° ; verändere dabei die Marken, an denen $\vec{F_1}$ und $\vec{F_2}$ angreifen, nicht.
- Verschiebe den Kraftmesser jeweils so, dass seine Zugschnur senkrecht zum Kraftarm verläuft, wenn jeweils F_2 gemessen werden soll; notiere die Kräfte F_2 .
(Hinweis: Der Winkel zwischen der Kraft $\vec{F_2}$ und ihrem Kraftarm ist genau dann ein rechter, wenn der vom Kraftmesser angezeigte Wert ein Minimum ist.)
- Nehme alle Geräte bis auf die Winkelscheibe ab.

Durchführung 2 (1/2)

PHYWE

- Markiere mit dem Maßstab auf den durch den Mittelpunkt der Winkelscheibe hindurchgehenden Linien die jeweiligen Angriffspunkte der Kräfte \vec{F}_1 , falle mit dem Dreieck die Lote auf die waagerechte Linie und ermittle so die Endpunkte der wirksamen Kraftarme \vec{l}_{W1} .
- Messe die für die jeweiligen Winkel α (Winkel zwischen Kraftarm und Kraft!) wirksamen Kraftarme l_{W1} für F_1 und trage sie in Tabelle 1 ein.

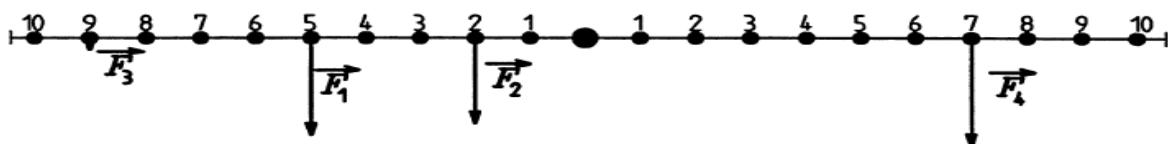


Abb. 3

Durchführung 2

PHYWE

- Belaste den zweiten Gewichtsteller ($8 \times 10 \text{ g} + 1 \times 50 \text{ g}$) und messe die Gewichtskraft F_2 .
- Notiere F_2 und Gewichtskraft F_1 für den anderen belasteten Gewichtsteller (1,54 N) in Tabelle 2.
- Setze beide Kraftmesser auf die Demo-Tafel.
- Hake die Zugschnüre der Kraftmesser und beider Gewichtsteller an geeigneten Marken des Hebelns ein (vgl. Abb. 3 und Tabelle 2, Spalte 2).
- Verschiebe den Kraftmesser, bis der Hebel waagerecht steht und die Zugschnüre senkrecht dazu verlaufen.
- Messe und notiere F_3 und F_4 , ebenfalls die dazu gehörenden Kraftarme.

PHYWE

Protokoll

Beobachtung 1

PHYWE

$\alpha/1^\circ$	F_1/N	F_2/N	l_{W1}/N	l_{W2}/N	$\frac{F_1 \cdot l_{W1}}{N \cdot cm}$	$\frac{F_2 \cdot l_{W2}}{N \cdot cm}$
90	1,54	1,86	20,0	16,0	30,8	29,8
75	1,54	1,79	19,3	16,0	29,7	28,6
60	1,54	1,69	17,3	16,0	26,6	27,0
45	1,54	1,40	14,3	16,0	22,0	22,4
30	1,54	1,00	20,2	16,0	15,7	16,0

Tabelle 1

Auswertung 1 (1/2)

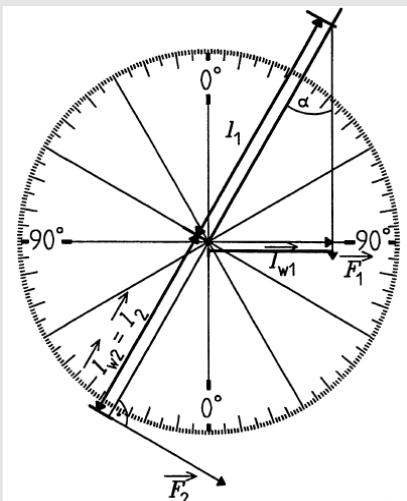


Abb. 4

Aus der Tabelle 1 geht zunächst hervor, dass bei konstanter Kraft F_1 die Produkte $F_1 \cdot l_{W1}$ um so kleiner sind, je kleiner der Winkel zwischen der Kraft und ihrem Kraftarm ist und je kleiner damit der (senkrechte) Abstand der Wirkungslinien von \vec{F}_1 zum Drehpunkt des Körpers ist, am dem \vec{F}_1 angreift.

Dieser Abstand wird als wirksame Länge l_W des Kraftarms l , bezeichnet, das Produkt $F \cdot l_1$ als Drehmoment.

Das wird unter Vervollständigung der Skizze an der Demo-Tafel erläutert (vgl. Abb. 4; Erläuterung für den Fall $\alpha = 30^\circ$).

Auswertung 1 (2/2)

Durch das Drehmoment, das die Kraft \vec{F}_1 verursacht, würde der Hebel im Uhrzeigersinn, also nach rechts gedreht. Diesem Drehmoment wirkt das durch \vec{F}_2 verursachte entgegen. Falls der Körper (der Hebel) ruht, sind beide Drehmomente gleich groß. Bildet man die Produkte $F_1 \cdot l_{W1}$ und $F_2 \cdot l_{W2} = F_2 \cdot l_2$ dann wird dieser Sachverhalt bestätigt (vgl. Spalten 6 und 7 der Tabelle 1).

Ein Körper, der um eine Achse drehbar ist und an dem Kräfte exzentrisch angreifen, verharrt in Ruhe, wenn sich die durch die Kräfte verursachten Drehmomente kompensieren. Man sagt dann, am Körper herrscht Drehmomentengleichgewicht.

Beobachtung und Auswertung 2

PHYWE

Kraft	Marke Nr.	F/N	$l/cm (l = l_W)$	$\frac{F \cdot l}{N \cdot cm}$	$\frac{F \cdot l}{N \cdot cm}$
F_1	5, links	1,54	10	15,4	
F_2	2, links	1,37	4	5,5	
F_3	9, links	0,19	18	3,4	
F_4	7, rechts	1,72	14	24,1	24,1

Tabelle 2

Das Ergebnis von Versuch 1 gilt auch für mehr als zwei Drehmomente, die an einem Körper angreifen.

Anmerkung 1 (1/2)

PHYWE

Beim Versuch 2 wurde nur wegen der Vereinfachung bei der Ermittlung der Kraftarme der Sonderfall $\alpha = 90^\circ$ für alle Kräfte gewählt. Steht genügend Zeit zur Verfügung, kann man z. B. \vec{F}_3 und \vec{F}_4 schräg am Hebel angreifen lassen oder den besonders aufwendigen Fall herstellen, dass der Hebel schräg steht und auch die Kräfte \vec{F}_3 und \vec{F}_4 nicht rechtwinklig am Hebel angreifen. Das Drehmoment ist eine vektorielle Größe, und zwar das Kreuzprodukt aus Kraft und vektoriellem Kraftarm:

$$\vec{M} = \vec{F} \cdot \vec{l}$$

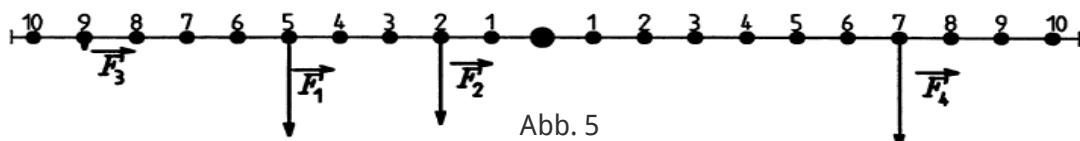


Abb. 5

Anmerkung 1 (2/2)

PHYWE

Für die Beträge gilt:

$$|\vec{M}| = M = |\vec{F} \cdot \vec{l}| = F \cdot l \cdot \sin\alpha ,$$

wobei α der Winkel ist, den \vec{F} und \vec{l} einschließen. (\overrightarrow{F}) und \vec{l} spannen ein Vektorparallelogramm auf, auf dem der Vektor (\overrightarrow{M}) senkrecht steht.

Die Auswertung der Versuche wird stark erleichtert, falls die Schüler entsprechende Kenntnisse aus der Trigonometrie besitzen. Dann kann man die l_w gemäß $l_w = \sin\alpha$ berechnen. Die Hilfslinien durch den Mittelpunkt der Winkelscheibe sollte man aber auch dann zeichnen, weil sie die exakte Einstellung der Winkel α erleichtern.

Aufgabe

PHYWE

$$F_1 = 30N$$

$$F_2 = 10N$$

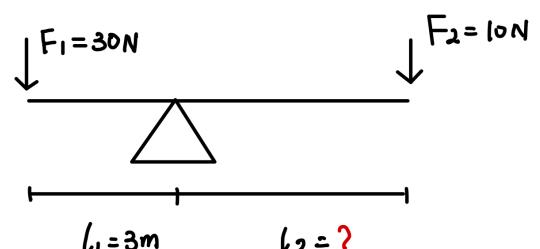
$$l_1 = 3m$$

Wie groß ist l_2 , damit der Hebel im Gleichgewicht bleibt?

$l_2 = 7 \text{ m}$

$l_2 = 10 \text{ m}$

$l_2 = 9 \text{ m}$



Folie

Punktzahl / Summe

Folie 22: Hebel im Gleichgewicht

0/1

Gesamtpunktzahl

0/1

 Lösungen anzeigen

 Wiederholen

14/14