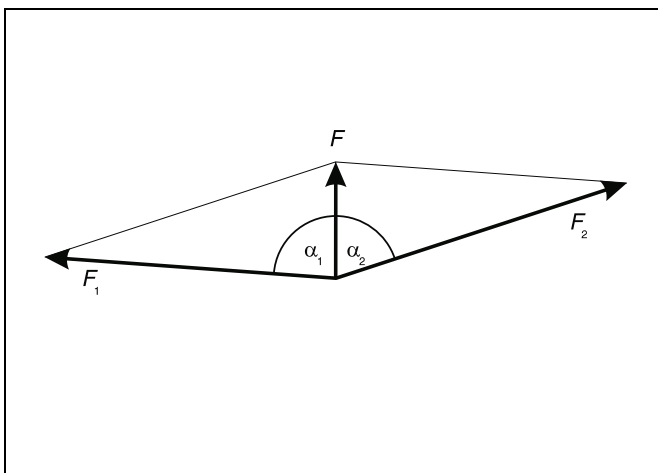


Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften

Versuchsziele

- Zusammensetzung zweier in einem Punkt angreifender, nicht paralleler Kräfte F_1 und F_2 zu einer Kraft F .
- Zerlegung einer Kraft F in zwei in einem Punkt angreifende, nicht parallele Kräfte F_1 und F_2 .
- Bestimmung des Betrags der Teilkräfte in Abhängigkeit von ihren Richtungen.



Vektorielle Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften

Grundlagen

An der Magnet-Hafttafel kann der experimentelle Nachweis, daß die Kraft eine vektorielle Größe ist, einfach und übersichtlich durchgeführt werden. Man legt den Angriffspunkt aller Kräfte in die Mitte der Winkelskala auf der Magnet-Hafttafel und mißt alle Einzelkräfte und die Winkel zwischen ihnen.

Im Versuch wird eine gegebene vertikale Kraft F durch die Federkräfte F_1 und F_2 zweier Kraftmesser kompensiert, die unter den Winkel α_1 und α_2 zur Vertikalen angeordnet sind. Die Beträge der Teilkräfte F_1 und F_2 werden in Abhängigkeit von α_1 und α_2 bestimmt.

Zur Veranschaulichung der vektoriellen Zusammensetzung

$$F_1 + F_2 = F \quad (I)$$

und der Zerlegung

$$F = F_1 + F_2 \quad (II)$$

wird das zugrundeliegende Kräfteparallelogramm grafisch dargestellt. Darüber hinaus wird für die vertikale Vektorkomponente der Zusammenhang

$$F = F_1 \cdot \cos\alpha_1 + F_2 \cdot \cos\alpha_2 \quad (III)$$

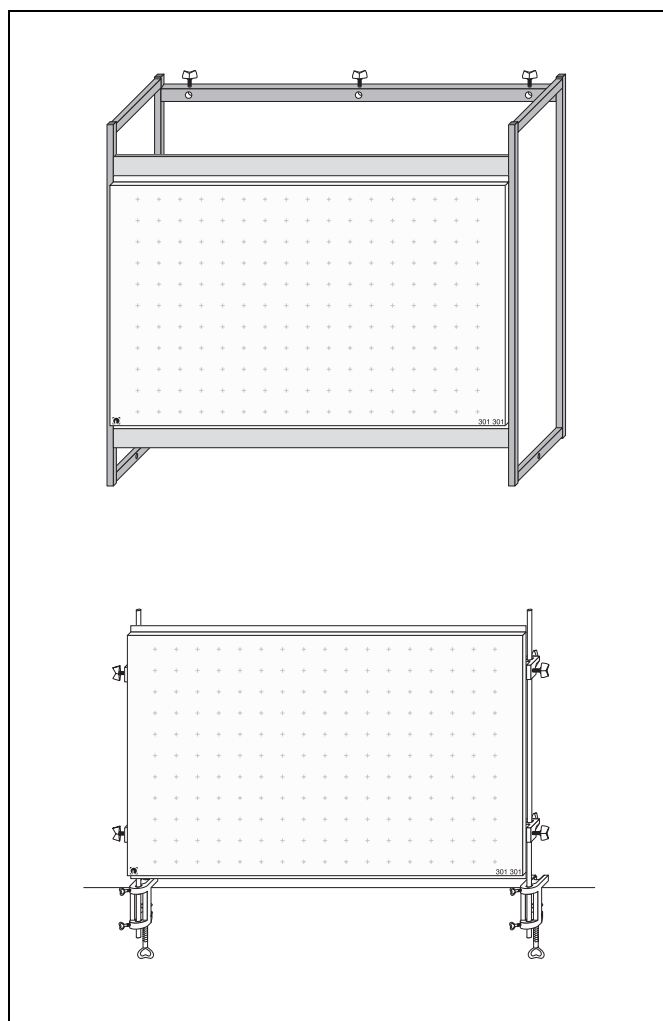
und für die horizontale Komponente der Zusammenhang

$$0 = F_1 \cdot \sin\alpha_1 + F_2 \cdot \sin\alpha_2 \quad (IV)$$

quantitativ bestätigt.

Geräte	
1 Magnethafttafel	301 301
2 Rundkraftmesser 5 N, auf Magnet	314 215
1 Magnetfuß mit Haken	301 331
1 Schraubenfeder, 5 N; 0,25 N/cm	352 08
1 Rollbandmaß, 2 m	311 77
1 Satz 12 Laststücke, je 50 g	342 61
1 Demonstrations- Experimentier-Rahmen	301 300
oder	
4 Leybold-Muffen	301 01
4 Metallplatten	200 65 559
2 Stativstangen, 100 cm	300 44
2 Tischklammern, einfach	301 07
zusätzlich empfohlen:	
1 Schnur	

Fig. 1 Aufbau der Magnethafttafel im Demonstrations-Experimentier-Rahmen (oben), mit Stativmaterial (unten)



Aufbau

- Magnethafttafel gemäß Gebrauchsanweisung entweder mit Demonstrations-Experimentier-Rahmen oder mit Stativmaterial aufbauen (siehe Fig. 1).

Durchführung

a) Zusammensetzung von Kräften:

- Magnetfuß mit Haken über der Mitte der Winkelskala montieren und Schraubenfeder einhängen.
- Beide Rundkraftmesser montieren und ihre Haken in die Öse der Schraubenfeder hängen.
- Durch Verschieben und Drehen der Rundkraftmesser Schraubenfeder nach unten ausdehnen, bis die Öse auf dem Mittelpunkt der Winkelskala liegt. Darauf achten, daß die Schnüre der Rundkraftmesser tangential verlaufen (siehe Fig. 2).
- Kräfte F_1 und F_2 der Rundkraftmesser sowie Winkel α_1 und α_2 der Schnüre zur Senkrechten ablesen und notieren.
- Einen Rundkraftmesser aushängen und mit dem anderen die Schraubenfeder wieder senkrecht nach unten bis zur Mitte der Winkelskala auslenken (siehe Fig. 3).
- Kraft F_R des Rundkraftmessers ablesen und notieren. Die Kräfte F_1 und F_2 ergeben zusammen die „resultierende“ Kraft F_R .
- Versuch mit unterschiedlichen Winkeln α_1 und α_2 sowie Beträgen F_1 und F_2 wiederholen.

b) Zerlegung von Kräften:

Beide Enden einer Schnur zu Schlaufen knoten.

- Rundkraftmesser auf der Magnethafttafel montieren, eine Schlaufe in den Haken des Rundkraftmessers hängen und 5 Laststücke an die Schnur anhängen (siehe Fig. 4).
- Gegenkraft F_G des Rundkraftmessers zur Gewichtskraft der 5 Laststücke ablesen und notieren.
- Haken des zweiten Rundkraftmessers in die obere Schlaufe einhängen.
- Beide Kraftmesser so verschieben und drehen, daß die obere Schlaufe auf dem Mittelpunkt der Winkelskala liegt. Darauf achten, daß die Schnüre der Rundkraftmesser tangential verlaufen.
- Kräfte F_1 und F_2 der beiden Rundkraftmesser sowie Winkel α_1 und α_2 der Schnüre zur Senkrechten ablesen und notieren (Fig. 5). Die „Gewichtskraft“ F_G läßt sich in die beiden Kräfte F_1 und F_2 zerlegen.
- Versuch mit unterschiedlichen Winkeln α_1 und α_2 sowie Beträgen F_1 und F_2 wiederholen.

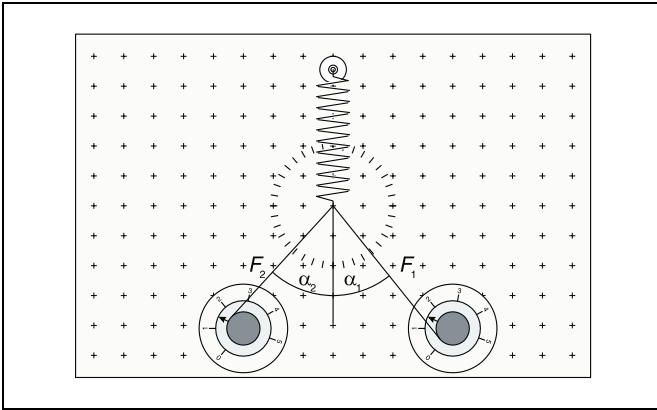


Fig. 2 Festlegung der Kräfte F_1 und F_2

Fig. 3 Bestimmung der „resultierenden“ Kraft F_R .

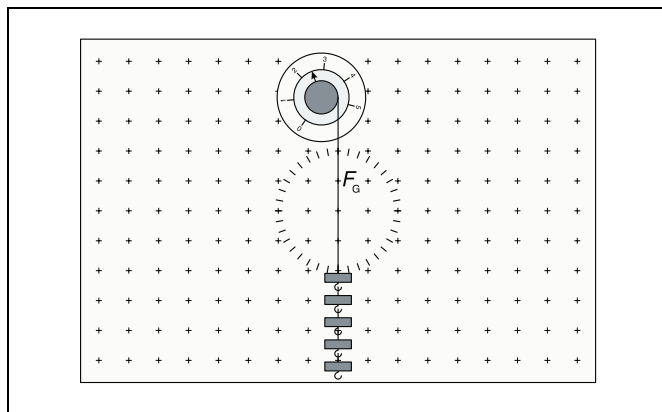
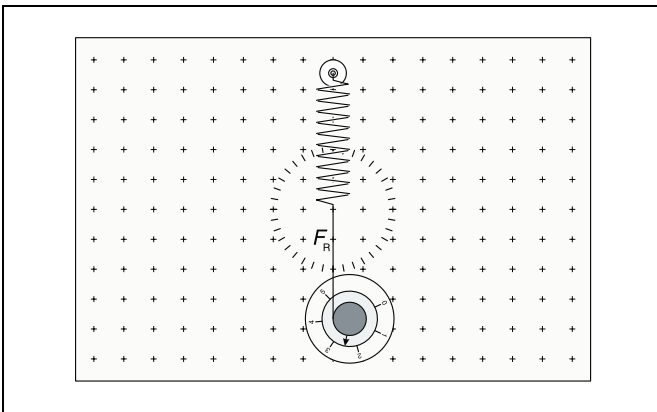
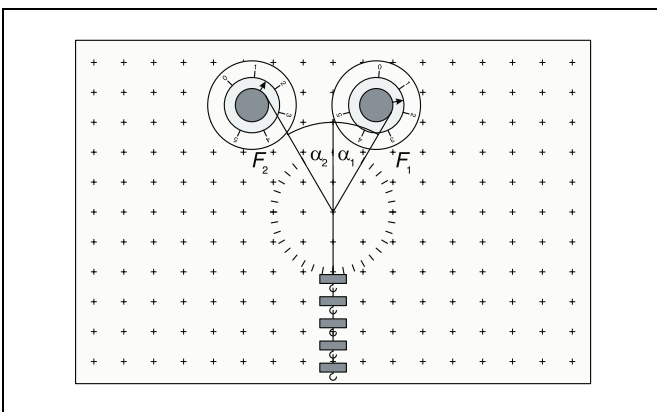


Fig. 4 Festlegung der „Gewichtskraft“ F_G .

Fig. 5 Bestimmung der Teilkräfte F_1 und F_2



Meßbeispiel

a) Zusammensetzung von Kräften:

Tab. 1: Beträge F_1 , F_2 und Winkel α_1 , α_2 der Teilkräfte und Betrag F_R der zusammengesetzten Kraft.

$\frac{F_1}{N}$	α_1	$\frac{F_2}{N}$	α_2	$\frac{F_R}{N}$
1,6	-40°	1,6	40°	2,5
2,0	-30°	1,3	$52,5^\circ$	2,5

b) Zerlegung von Kräften:

Tab. 2: Betrag F_G der zerlegten Kraft und Beträge F_1 , F_2 und Winkel α_1 , α_2 der Teilkräfte.

$\frac{F_G}{N}$	$\frac{F_1}{N}$	α_1	$\frac{F_2}{N}$	α_2
2,5	1,4	-30°	1,4	30°
2,5	1,6	-40°	1,6	40°
2,5	1,9	-50°	1,9	50°
2,5	2,3	-10°	0,4	60°

Auswertung

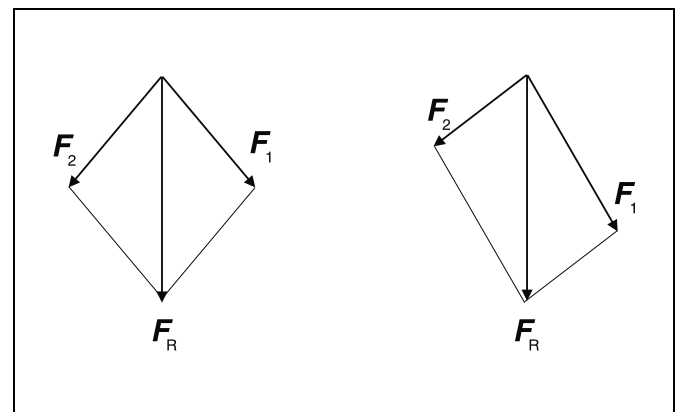
a) Zusammensetzung von Kräften:

In Fig. 6 sind die Vektorpfeile der Teilkräfte F_1 und F_2 maßstäblich gezeichnet und zu einem Parallelogramm ergänzt. Die Diagonale des Parallelogramms stimmt (in guter Näherung) mit dem Vektorpfeil der Kraft F_R überein. In Tab. 3 sind die mit (III) und (IV) berechneten vertikalen und horizontalen Komponenten der Kräfte zusammengestellt.

Tab. 3: Beträge F_1 , F_2 und Winkel α_1 , α_2 der Teilkräfte und Betrag F_R der zusammengesetzten Kraft.

$\frac{F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2}{N}$	$\frac{F_R}{N}$	$\frac{F_1 \sin \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2}{N}$
2,45	2,5	0
2,52	2,5	0,03

Fig. 6 Graphische Darstellung der Zusammensetzung der Teilkräfte F_1 und F_2 zur resultierenden Kraft F_R .



b) Zerlegung von Kräften:

In Fig. 7 ist die Zerlegung der „Gewichtskraft“ F_G in die Teilkräfte F_1 und F_2 graphisch dargestellt. Die Diagonale des Kräfteparallelogramms stimmt (in guter Näherung) mit dem Vektorpfeil der Kraft F_G überein. In Tab. 4 sind die mit (III) und (IV) berechneten vertikalen und horizontalen Komponenten der Kräfte zusammengestellt.

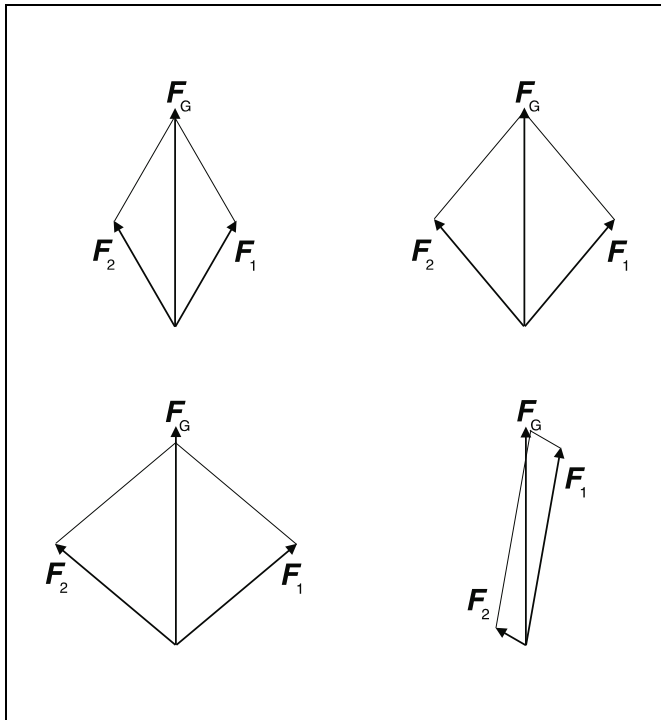


Fig. 7 Graphische Darstellung der Zerlegung der Kraft F_G in die Teilkräfte F_1 und F_2 .

Tab. 4: Betrag F_G der zerlegten Kraft und Beträge F_1 , F_2 und Winkel α_1 , α_2 der Teilkräfte.

$\frac{F_G}{N}$	$\frac{F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2}{N}$	$\frac{F_1 \sin \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2}{N}$
2,5	2,42	0
2,5	2,45	0
2,5	2,44	0
2,5	2,47	-0,05

Ergebnis

Zwei beliebige, in einem Punkt angreifende, nicht parallele Kräfte F_1 und F_2 lassen sich durch eine Kraft F ersetzen. Eine beliebige Kraft F läßt sich in zwei in einem Punkt angreifende, nicht parallele Kräfte F_1 und F_2 zerlegen.