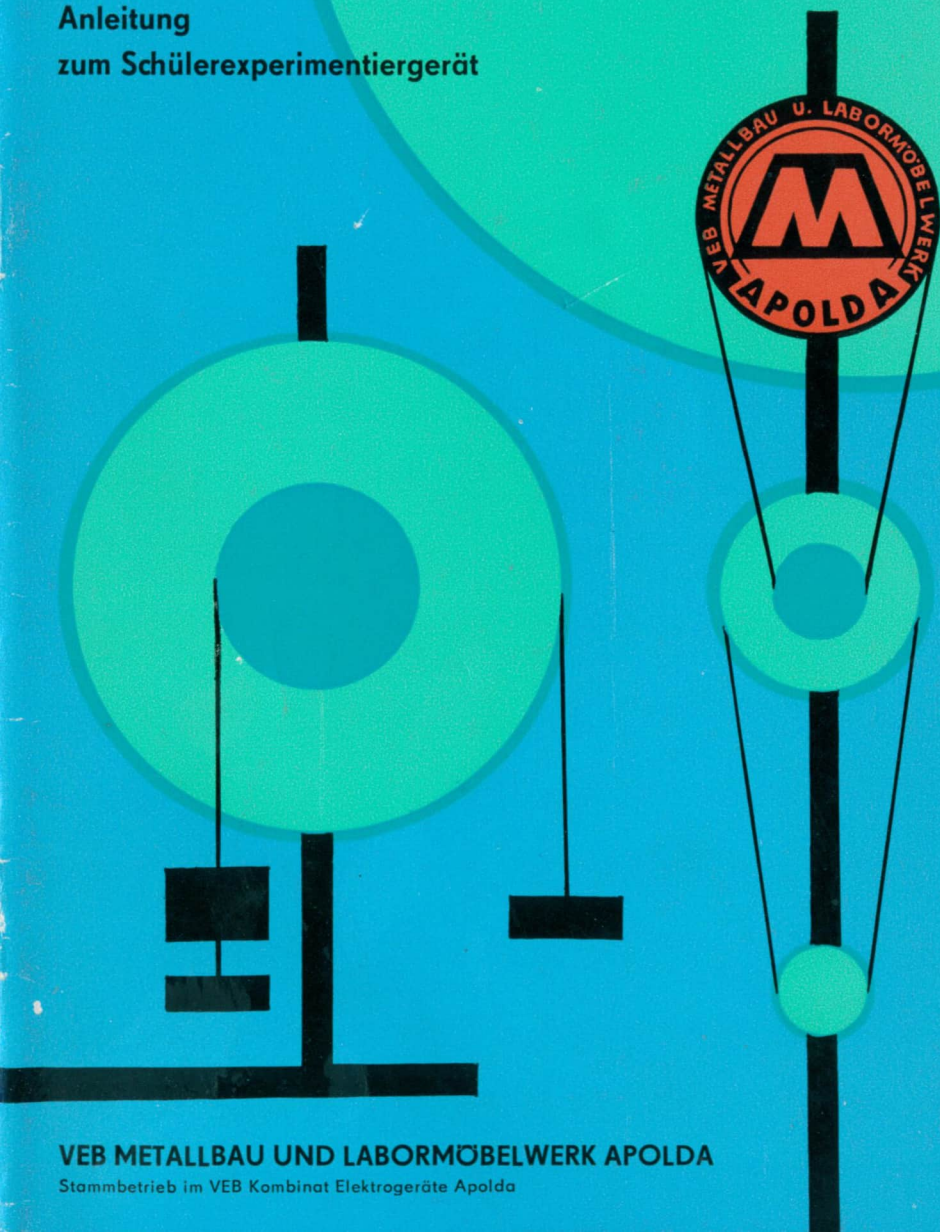




Mechanik

Anleitung
zum Schülerexperimentiergerät



VEB METALLBAU UND LABORMÖBELWERK APOLDA

Stammbetrieb im VEB Kombinat Elektrogeräte Apolda

Anleitung zum Schülerexperimentiergerät **MECHANIK**

Verfaßt von Gerhard Heise
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
am Pädagogischen Institut Dresden



Herausgegeben vom VEB Metallbau
und Labormöbelwerk Apolda

Stammbetrieb im VEB Kombinat Elektrogeräte Apolda

5320 Apolda, Sulzaer Straße 7, Telefon: 566
Telex: 0617465

INHALTSVERZEICHNIS

1. Beschreibung des SEG „Mechanik“ und des Glasgerätesatzes	5
2. Vorbemerkung zu den Versuchsdarstellungen	9
3. Beschreibung der Einzelteile	10
4. Versuche zu den Themen	
4.1. Wägen – Messen	21
4.2. Elastizität und Festigkeit	24
4.3. Hebel und Waagen	27
4.4. Rollen und Flaschenzüge	30
4.5. Getriebe	33
4.6. Reibung	36
4.7. Geneigte Ebene	40
4.8. Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften	42
4.9. Drehmoment	45
4.10. Schwerpunkt – Standfestigkeit	47
4.11. Wurf	50
4.12. Trägheit	52
4.13. Schwingungen	54
4.14. Drehbewegungen	57
4.15. Dichte und Wichte	59
4.16. Druck in Flüssigkeit; Luftdruck	61

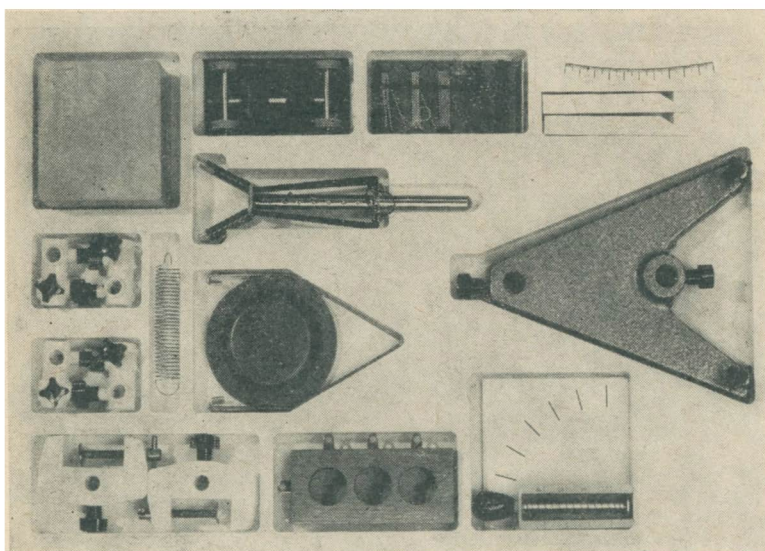
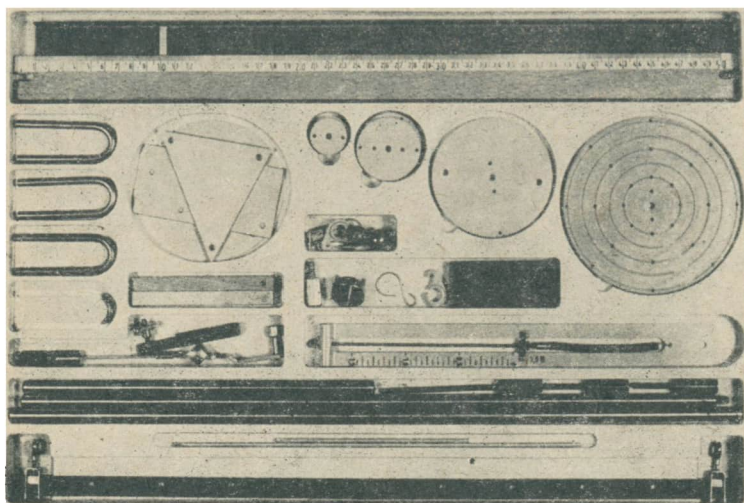
1. Beschreibung des SEG „Mechanik“ und des Glasgerätesatzes

Teilgerät „Mechanik“

Das SEG „Mechanik“ ist das Grundgerät des Systems neu entwickelter Schülerexperimentiergeräte und nach diesem Gesichtspunkt zusammengestellt. Es enthält außer dem Stativmaterial zahlreiche Bauelemente, die zweckmäßig zusammengestellt wurden. Alle Teile sind so konstruiert, daß das Aufbauen von Versuchsanordnungen einfach und schnell erfolgen kann.

Mit dem Gerätesatz können nahezu alle aus dem Gebiet der Mechanik bekannten Versuche, die als Schülerexperimente geeignet sind, ausgeführt werden.

Zu den Versuchen aus den Gebieten der Mechanik der Flüssigkeiten und Gase ist der **Glasgerätesatz** erforderlich.



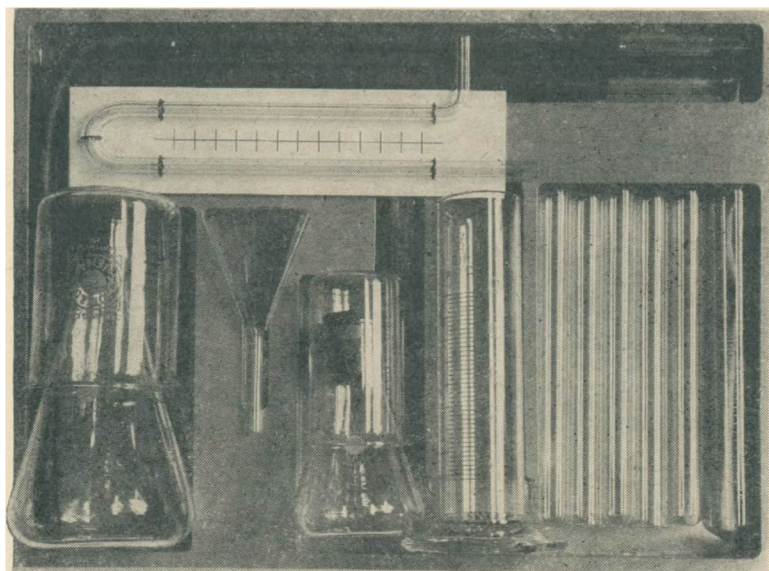
Register-Nr. des DPZI: 3776
 Katalog-Nr. des Staatl. Kontors: 08 3065 89
 Hersteller-Nr.: 3/240

Stückliste zum SEG „Mechanik“

1. 1 V-Fuß, klein
2. 2 Stativstäbe, 500 mm
3. 1 Stativstab, 250 mm
4. 4 Kreuzmuffen
5. 1 Stabstück, gerädelt, mit Gewinde
6. 2 Achszapfen, Zapfenlänge 30 mm
7. 1 Achszapfen, Zapfenlänge 80 mm
8. 2 Ringe mit Haken
9. 1 Glasröhrenhalter
10. 1 Reagenzglashalter
11. 2 Schiebzeiger
12. 1 Skale
13. 1 Zeigerwalze
14. 1 Zeiger, 1 = 300 mm
15. 1 Zeiger, 1 = 150 mm
16. 1 Experimentierbrett
17. 1 Waagebalken (Hebel) mit 2 Schiebern und 2 S-Haken
18. 2 Waageschalen mit Bügel
19. 1 Satz Hakenkörper 1 – 100 g und Tarsierschrot
20. 2 Rollen $\varnothing$ 20 mm
21. 2 Rollen $\varnothing$ 40 mm
22. 1 Rolle $\varnothing$ 80 mm
23. 1 Schere für Flaschenzug
24. 1 Momentscheibe mit 4 Stiften

} mit 2 Verbindungsstiften

- 25. 1 Wagen, 50 g
- 26. 1 Schraubenfeder
- 27. 1 Federkraftmesser 1,5 N
- 28. 1 Holzklötz mit Bohrungen und Ösen
- 29. 1 Lineal, 500 mm
- 30. 1 Linealhalter
- 31. 3 Reibungsflächen
- 32. 1 Plastkugel $\varnothing$ 16 mm
- 33. 1 Stahlkugel $\varnothing$ 16 mm
- 34. 1 Holzquader 10 x 10 x 100 mm
- 35. 1 Stahlquader 10 x 10 x 100 mm
- 36. 2 Plastquader
- 37. 1 Wickelplatte mit 3 Fäden (120, 60 und 20 cm) und 2 Gummiringen
- 38. 4 Krampen (Stahl, Alu, Glas, Kupfer)
- 39. 2 Tischklemmen
- 40. 1 Federstoßvorrichtung
- 41. 3 Schwerpunktplatten



Glasgerätesatz

(zur Hydromechanik und Kalorik)

1. 1 Meßzylinder 100 ml
2. 1 Reagenzglas mit Maßeinteilung 25 ml
3. 5 Reagenzgläser
4. 1 Becherglas 250 ml
5. 1 Becherglas 100 ml
6. 1 Erlenmeyerkolben, 100 ml, weithalsig
7. 1 Erlenmeyerkolben, 300 ml, enghalsig
8. 1 Trichter $\varnothing$ 50 mm
9. 1 Pipette 5 ml, $\varnothing$ 8,5 mm
10. 3 Glasrohrstücke, $\varnothing$ 8,5 mm
11. 1 Manometerrohr auf Brett
12. 1 Gummistopfen mit 1 Bohrung $\varnothing$ 8,5 mm
13. 1 Gummistopfen mit 2 Bohrungen $\varnothing$ 8,5 mm
14. 1 Schlauchstück 150 mm; 5/1,5
15. 2 Schlauchstücke 250 mm; 500 mm; 8/2

Register-Nr. des DPZI: 3779

Katalog-Nr. des Staatl. Kontors: 08 3066 89

Hersteller-Nr.: 3/241

2. Vorbereitung zu den Versuchsdarstellungen

Die nachstehenden Versuche stellen nur eine Auswahl dar. Es wurden nur die herausgegriffen, die als Schülerexperimente besonders geeignet erscheinen.

Grundsätzlich können jedoch mit dem Gerät fast alle in der einschlägigen Literatur beschriebenen Versuche – soweit nicht spezielle Geräte dazu erforderlich sind – zum Teil in abgewandelter Form ausgeführt werden.

Der Aufgabe dieses Anleitungsheftes entsprechend; wurden für jeden Versuch nur die erforderlichen Teile aufgeführt und der Aufbau durch eine Skizze oder Foto aufgezeigt. Nur in einzelnen Fällen wurden einige Bemerkungen zur Versuchsdurchführung gegeben.

Eine umfangreiche Versuchsbeschreibung mit den dann auch erforderlichen methodischen Hinweisen würden den Rahmen dieses Heftes überschreiten. Sie finden die angegebenen und weiteren Versuche u. a. in nachstehender Literatur beschrieben:

1. Girke-Sprockhoff: Physikalische Schulversuche Teil I – V
2. DZL: Lehrmittel für den Physikunterricht Mappe III
3. MfV: Verbindliche Schülerübungen für den Physikunterricht
4. VWV: Unterrichtshilfen Physik, Klasse 6 – 10

Bei der Aufzählung der zum Versuch erforderlichen Geräte wurden folgende Kennzeichen verwendet:

(X) = aus Schulbeständen zu entnehmen,

z. B. Fahrradspeiche (X)

(K) = aus dem entsprechenden Teilgerät des SEG-Systems zu entnehmen,

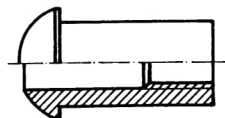
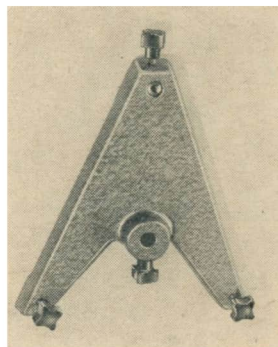
z. B. Heizwendel (K) (Kalorik)

Lampenbrett (E) (Elektrik)

3. Beschreibung der Einzelteile

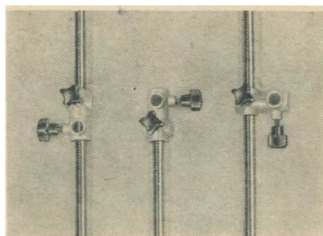
1. Der V-Fuß

ist als bewährtes Aufbaumittel übernommen. In die zweite Bohrung kann ein weiterer Stativstab (Abb. 7) oder der Linealhalter (Abb. 17) eingesetzt werden. Aus Abb. 4 ist ersichtlich, wie man mit der Dreipunktaufstellung mit einem V-Fuß auskommt, wo sonst zwei V-Füße oder Tischklemmen erforderlich wären. Das Einsatzstück ist mit einem Gewinde zum Einschrauben des Rohres (Kalorik) versehen.



2., 3. Die Stativstäbe,

500 mm, sind mit einem Zapfen oder einer Bohrung versehen, so daß sie zusammengesteckt werden können. In dieser Form werden sie für das SEG „Optik“ verwendet. Werden die zusammengesteckten Stäbe in der Mechanik stärker beansprucht, so sollte über der Verbindungsstelle noch eine Kreuzmuffe angebracht werden.

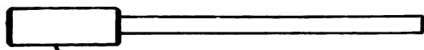
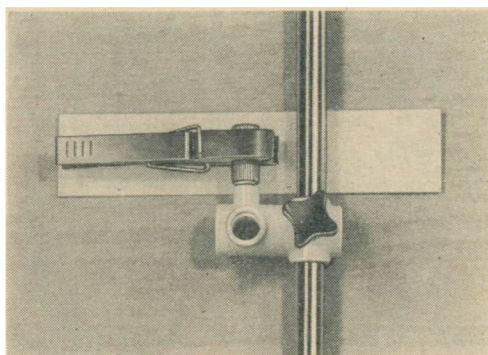


4. Die Kreuzmuffen

sind dreifach durchbohrt und ermöglichen jede Art der Verbindung von Stäben und anderen Einzelteilen.

5. Das gerädelte Stabstück mit Gewinde

wird bei querstehender Muffe in diese an Stelle der Rändelschraube eingeschraubt, so daß die Skale hier angeklemt werden kann. Damit liegt auch in diesem Fall der Mittelpunkt senkrecht über dem Drehpunkt des Zeigers.



6., 7. Die Achszapfen

haben unterschiedliche Längen, die dem speziellen Verwendungszweck angepaßt wurden:

1 = 80 mm Halter des Experimentierbrettes,

1 = 30 mm Achse für Rollen und Zeigerwalze.

Benötigt man z. B. zum Aufbau des Getriebes mehrere Achszapfen, so ordnet man sie so an, daß die überstehenden Achsen nicht stören.

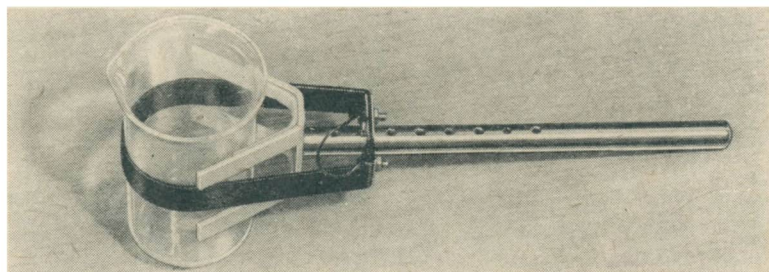
8. Die Ringe mit Haken

sind zum Festklemmen an einem Stativstab bestimmt. Sie dienen zum Befestigen von Schnurende (lose Rolle, Lot, Fadenpendel) oder zum Aufhängen einer Schraubenfeder.



9. Der Glasröhrenhalter

dient als Halter für Bechergläser. Er sollte unbedingt dort verwendet werden, wo eine sichere Befestigung, z. B. bei siedendem Wasser, erforderlich ist.



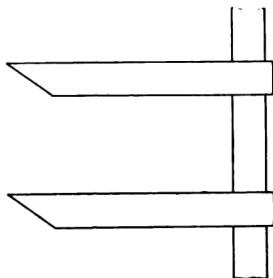
10. Der Reagenzglashalter

kann auch zum Halten von Flaschen mit engem Hals, Thermometern – Schlauchstück überschieben – u. ä. verwendet werden.



11. Die Schiebzeiger

dienen zur Markierung von Höhen und werden am Stativstab angeklemmt.



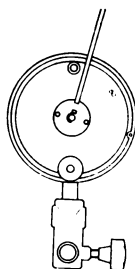
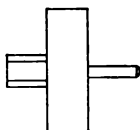
12. Skale

ist auf die Zeigerwalze und die dazugehörigen Zeiger abgestimmt. Der Kreisbogen hat eine Länge von 100 mm. Beim Übersetzungsverhältnis 1:100 entspricht dies einer Längenänderung von 1 mm. Es können noch mit Sicherheit Längenänderungen von 1/10 mm (Skale 10 mm) und auch annähernd 1/100 mm (Skale 1 mm) abgelesen werden.



13. Die Zeigerwalze

wird mit ihren Zapfen auf eine Rolle aufgesteckt. Die vordere Schnittkante dient zum Aufsetzen des Rohres zum Nachweis der Längenänderung (Kalorik). Drähte oder Fäden können über die Schnurlaufrille der angesetzten Rolle geführt werden, wodurch beliebige Übersetzungsverhältnisse erreicht werden.



(Rückseitenansicht)

Übersetzung mit Zeiger	300 mm	150 mm
Schnittkante der Zeigerwalze	1 : 100	1 : 50
Rolle $\varnothing$ 20 mm	1 : 30	1 : 15
Rolle $\varnothing$ 40 mm	1 : 15	1 : 7,5
Rolle $\varnothing$ 80 mm	1 : 7,5	1 : 3,75

Die Zeigerwalze ist nicht stabilisiert. Der Zeiger bleibt jedoch in jeder Lage stehen, sobald die vordere Schnittkante oder die Rille der angesteckten Rolle ausreichen belastet wird.

Für die Zeiger ist eine Aufnahmebohrung vorhanden, die so gelegt ist, daß zur Vermeidung von Behinderungen der Zeigerwalze hinter der Rolle anzusetzen ist.

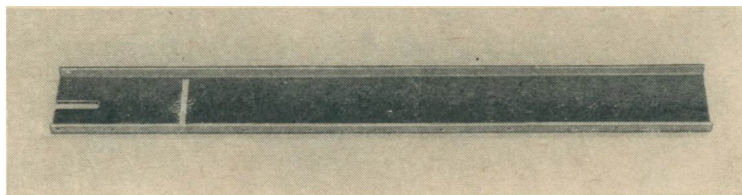
Ist eine Stabilisierung erwünscht, so verbindet man die Zeigerwalze mit der Rolle $\varnothing 80$ mm und schraubt in deren untere Bohrung den mit einer Kreuzmuffe versehenen Linealhalter ein.

14., 15. Die Zeiger

können sowohl in die Zeigerwalze als auch in den Waagebalken eingesteckt werden.

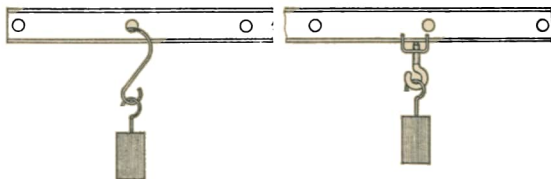
16. Das Experimentierbrett

dient vor allem als Brett zur geneigten Ebene. Für Versuche zur Reibung ist es auf einer Seite glatt und auf der anderen rauh gestaltet. Der Quersteg dient als Anschlag für Kippversuche. Im Brett befinden sich zwei Bohrungen für den Achszapfen und ein Schlitz für eine Umlenkrolle.



17. Der Waagebalken (Hebel)

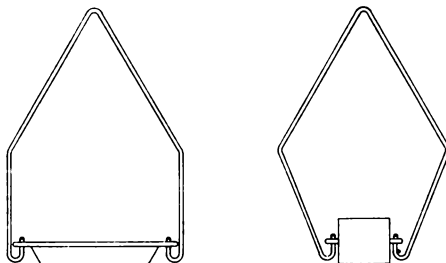
ist mit zwei verstellbaren Schiebern versehen, die das Anhängen von Körpern an jeder beliebigen Stelle ermöglichen. Dabei ist zu beachten, daß das Gewicht der Schieber (5 g) zum Gewicht der angehängten Körper addiert werden muß. Die Bohrungen dienen als Meßmarke (50 mm), können jedoch auch als feste Anhängepunkte mit Hilfe der S-Haken benutzt werden. In diesem Falle sind die beiden Schieber bis zum Anschlag nach der Mitte zu verschieben.



Beim Aufbau der Waage werden die Schieber zum Austarieren verstellt, bis die Waage im Gleichgewicht ist.

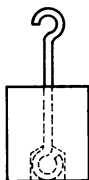
18. Die Waagschalen mit Anhängebügel

werden mit Hilfe der S-Haken am Waagebalken angehängt. Aus einem Anhängebügel und einem Hakenkörper 100 g kann eine Walze zusammengestellt werden.



19. Der Satz Hakenkörper

ist wie ein Wägesatz 1 – 100 g zusammengestellt und kann auch als solcher verwendet werden. Die unteren Ösen werden beim Aufsetzen von den Bohrungen im Körper aufgenommen. Die Zusammenstellung reicht auch für die Verwendung am Hebel, an den Rollen und ähnlichem aus. Dem Satz ist ein Röhrchen mit Metallkügelchen zum Tarrieren beigegeben.

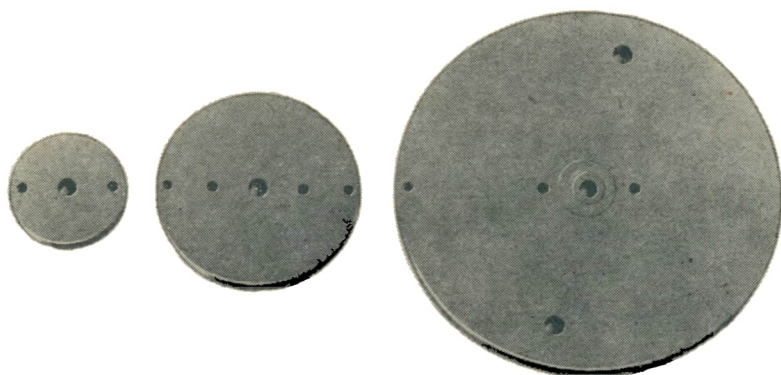


20. – 22. Die Rollen

sind so bemessen, daß sich ihre Durchmesser wie 1:2:4 verhalten.

Die Bohrungen dienen

- zum Anstecken von Kugelgriffen (Getriebe),
- zum Verbinden der Rollen (Stufenrolle),
- zum Verbinden mit der Zeigerwalze.



23. Die Schere

kann für Versuche mit der losen Rolle oder dem Flaschenzug mit 1 bzw. 2 Rollen von 20 oder 40 mm Durchmesser besetzt werden. Die dazugehörigen festen Rollen werden auf einen Achszapfen aufgesteckt.



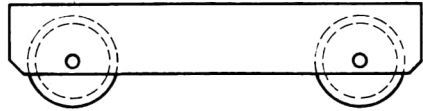
24. Die Momentenscheibe

ist mit einer Anzahl kreisförmig angeordneter Bohrungen versehen, in die die Stifte eingesetzt werden können. Sie ist ebenfalls mit einer Schnurlaufrille versehen und kann als Rolle verwendet werden.



25. Der Wagen

(50 g) ist mit drei Schlitten zum Einsetzen des Holzklotzes oder der Hakenkörper versehen.



26. Die Schraubenfeder (Maximalbelastung 100 g)

wird als Federschwinger u. ä. verwendet. Sie hat eine andere Federkonstante als die des Federkraftmessers.



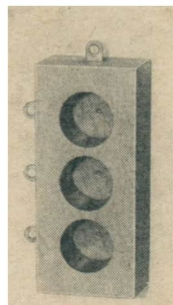
27. Der Federkraftmesser

(bis 1,5 N) ist durch zwei kleine Rändelmuttern justierbar. Er hat einen festen Anschlag und kann nicht überlastet werden.

Auf der Rückseite kann eine zweite Skale aufgezeichnet werden (Hookesches Gesetz).

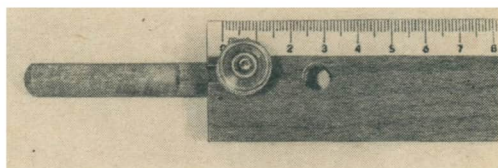
28. Der Holzklotz

mit 3 Bohrungen und 4 Ösen kann für Versuche zur Standfestigkeit, zur Reibung, zum Messen des Kippmomentes u. v. a. verwendet werden.



29., 30. Das Lineal

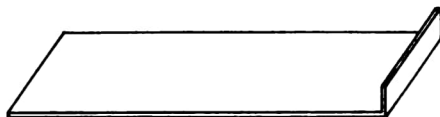
dient zum Messen und kann mit dem **Linealhalter** in einer Bohrung des V-Fußes oder in anderer Weise befestigt werden.



31. Die Reibungsflächen

(Plast rau und glatt, Aluminium) werden unter den Holzklotz gelegt.

In Verbindung mit dem Experimentierbrett – rau, glatt – ergeben sich vielfache Kombinationsmöglichkeiten.



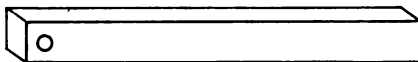
32., 33. Die Plast- und Stahlkugel

haben die gleiche Größe, woraus sich viele Verwendungsmöglichkeiten ergeben: Aufzeichnen der Wurfparabel, Trägheit, Dichte u. v. a.



34., 35. Der Holz- und der Stahlquader

haben ein Volumen von 10 cm^3 . Sie sind zur Dichtebestimmung vorgesehen, können aber zum Messen, Wägen u. ä. verwendet werden.



36. Die Plastquader

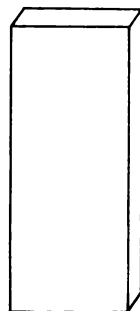
dienen vorwiegend als Meßkörper.

Jeder Satz enthält:

1 Plastquader $75 \times 31 \times 8 \text{ mm} \approx 18,6 \text{ cm}^3$

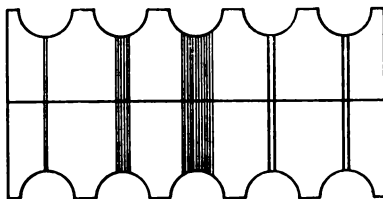
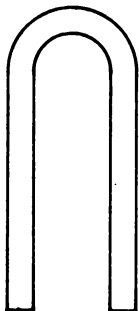
1 Plastquader in 6 verschiedenen Größen,
mit den Schlagzahlen 1 ... 6 gekennzeichnet.

Damit ist gewährleistet, daß neben- und
hintereinandersitzende Schüler unterschiedliche
Meßaufgaben erhalten können.



37. Die Wickelplatte

enthält drei Fäden, von 20, 60 und 120 cm Länge, die beiderseits mit einer Schlaufe versehen sind. Die Gummiringe werden als Riemen für Getriebe verwendet.

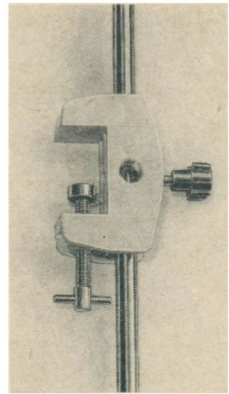


38. Die Krampen

sind dem Satz als Körper zur vielseitigen
Verwendung beigegeben.

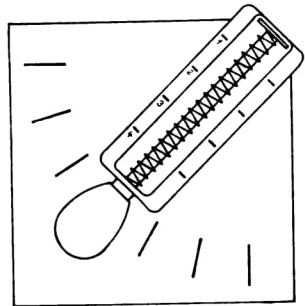
39. Die Tischklemmen

können an Stelle des V-Fußes oder zusätzlich verwendet werden.



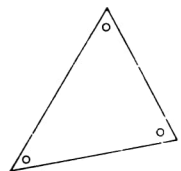
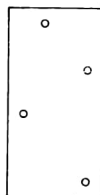
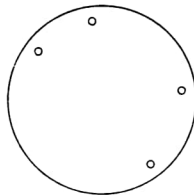
40. Die Federstoßvorrichtung

wird an ein mit schwarzem Papier bespanntes Reißbrett angesetzt. Eine gekreidete Kugel zeichnet die Wurfparabel. Es können verschiedene Winkel eingestellt und unterschiedliche Anfangsgeschwindigkeiten erteilt werden.



41. Die Schwerpunktplatten

– symmetrisch und unsymmetrisch – sind mit Bohrungen zum Anhängen an den Achszapfen versehen. Durch Ansetzen von zwei Haftsteinen – unterschiedliche Dicke – wird der Schwerpunkt verlagert.



4. Versuche zu den Themen

4.1. Wägen – Messen

1. Balkenwaage

V-Fuß

Stativstab, 250 mm

Kreuzmuffe

Achszapfen

Waagschalen

Skale

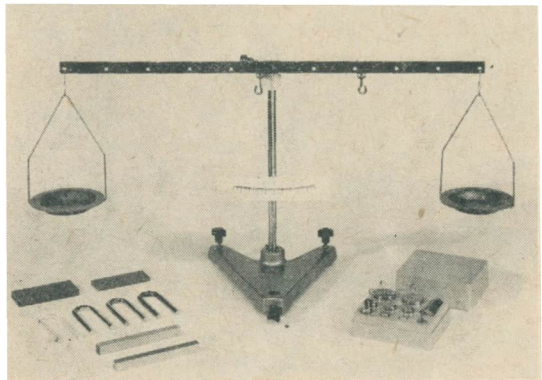
Zeiger 150 mm

Satz Hakenkörper
(Wägesatz)

Zu wägende Körper

Quader

Krampen

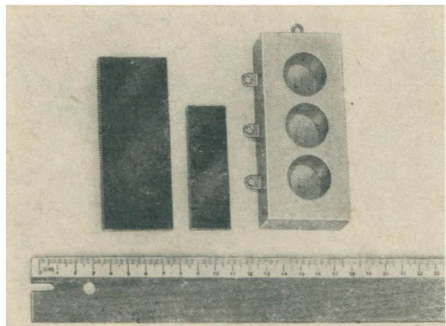


2. Längenmessungen

Lineal

Holzklötz

Quader



3. Volumenmessungen

Lineal

Meßpipette

Becherglas, 100 ml

Meßzylinder

Holzklotz

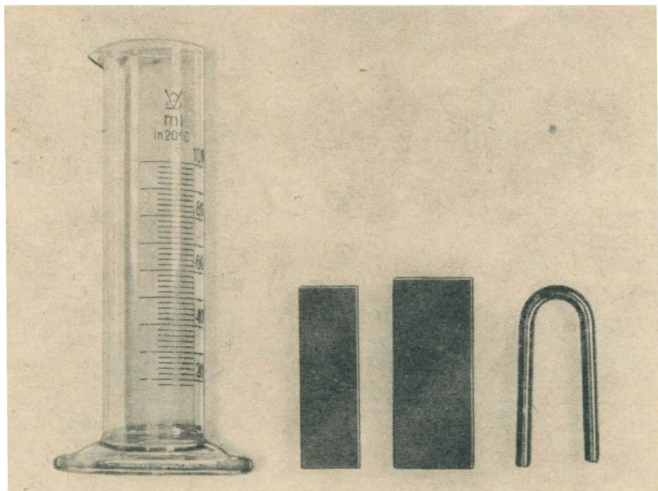
Quader

Krampe

Arzneifläschchen (X)

Tablettenröhrchen (X)

- Regelmäßige Körper
durch Messen der Kantenlängen
- Unregelmäßige Körper
durch Wasserverdrängung
- Hohlkörper
durch Wasserfüllung



Meßprotokoll

zu messender Körper:

Meßgerät:

geschätzter Wert:

Nr. d. Mess.	$\frac{l}{\text{mm}}$	Abw. v. Mittelw.
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Mittelwert : 5
 $\pm$

Meßprotokoll

Gegenstand	gesch. Wert	erm. Wert	Fehler

4.2. Elastizität und Festigkeit

4. Elastizität und Festigkeit von Fäden

V-Fuß

2 Stativstäbe, 500 mm

3 Kreuzmuffen

Stabstück, gerändelt

Rolle $\varnothing$ 40 mm

Zeigerwalze mit

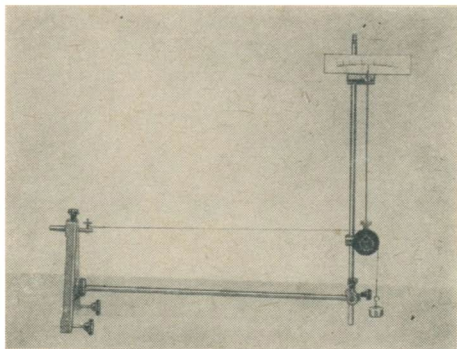
Zeiger 300 mm

Skale

Hakenkörper

dünne Fäden (X)

Gummifaden (X)



5. Dehnung einer Schraubenfeder

(Hookesches Gesetz)

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

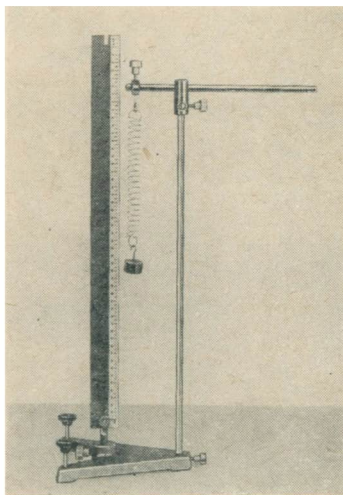
Stativstab, 250 mm

Kreuzmuffe

Ring mit Haken

Schraubenfeder

Lineal mit Linealhalter
oder Federkraftmesser



Bemerkung:

Der Versuch kann auch mit dem Federkraftmesser durchgeführt werden. Die Längenänderung wird auf der Rückseite der Skala markiert.

6. Biegung einer Blattfeder

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

2 Kreuzmuffen

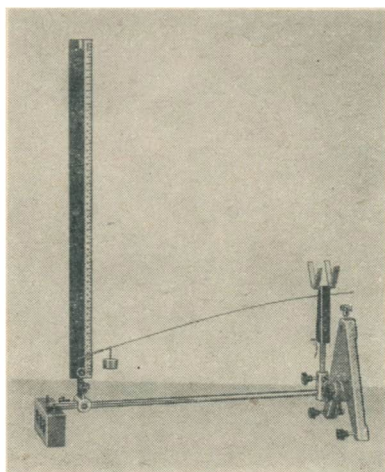
Holzklötz

Glasröhrenhalter

Lineal mit Linealhalter

Fahrradspeiche (X)

Satz Hakenkörper



Bemerkung:

Um das Abgleiten der Hakenkörper zu vermeiden, schiebt man ein Stück Gummi o. ä. auf die Speiche. Es dürfen nur geringe Massen angehängt werden.

7. Zeigerfederkraftmesser

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Stativstab, 250 mm

3 Kreuzmuffen

2 Achszapfen

Zeigerwalze mit

Zeiger 150 mm

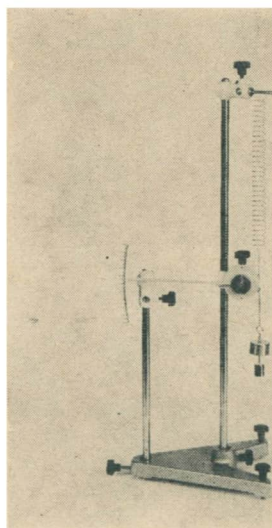
Schraubenfeder

Skale

Faden, 20 cm

Satz Hakenkörper

Rolle



4.3. Hebel und Waagen

8. Zweiseitiger, gleicharmiger Hebel

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Kreuzmuffe

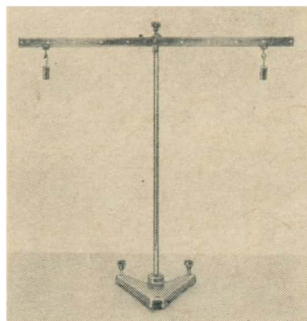
Achszapfen

Hebel

Satz Hakenkörper

(Federkraftmesser,

2 S-Haken)



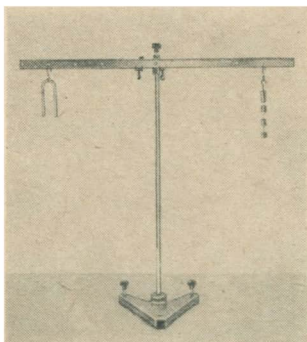
9. Zweiseitiger, ungleicharmiger Hebel

Geräte wie unter 8

Krampe

- a) Arbeiten mit Hakenkörper
- b) Bestimmen des Gewichts eines Körpers

$$F_1 = \frac{F_2 \cdot l_2}{l_1}$$



10. Einseitiger, ungleicharmiger Hebel

Geräte wie unter 28, dazu

Stativstab, 250 mm

Kreuzmuffe

Linealhalter

oder: Kreuzmuffe

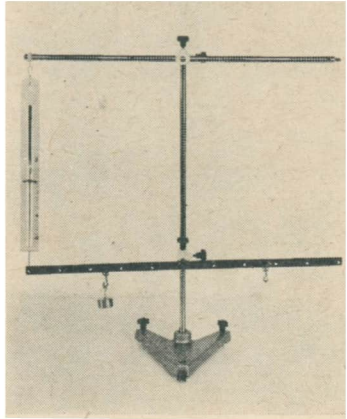
Achszapfen

Rolle

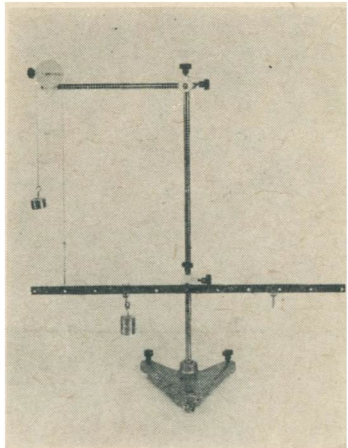
Schnur, 20 cm

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

- a) Verwenden eines
Federkraftmessers



- b) Verwenden von
Hakenkörpern
und Umlenkrolle

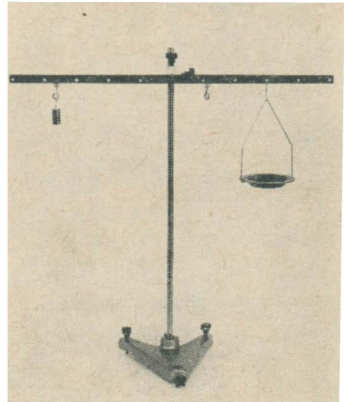


11. Unterschalige Hebelwaage

(siehe unter 1)

12. Laufgewichtswaage (römische Schnellwaage)

Geräte wie unter 8, dazu
Waagschale



13. Zeigerschnellwaage

V-Fuß

2 Stativstäbe, 500 mm

Stativstab, 250 mm

4 Kreuzmuffen

Zeigerwalze mit

Zeiger 300 mm

Rolle $\varnothing$ 80 mm

Linealhalter

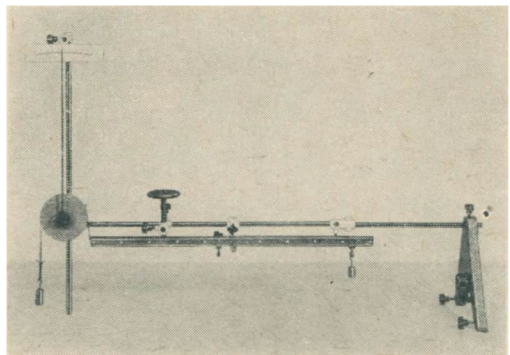
Skale

Hebel

Satz Hakenkörper

Schnur, 20 cm

Tischchen mit Stiel (0)



4.4. Rollen und Flaschenzüge

14. Feste Rolle

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Kreuzmuffe

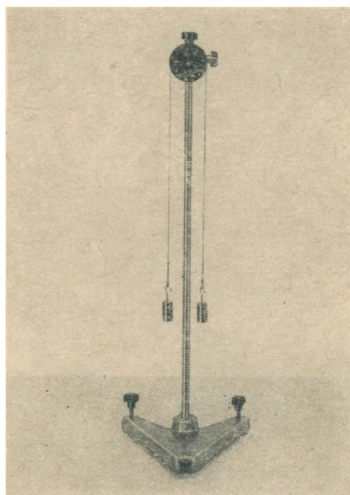
Achszapfen

Rolle $\varnothing$ 40 mm

Satz Hakenkörper

Faden

(Federkraftmesser)



15. Lose Rolle

Geräte wie unter 14, dazu:

a)

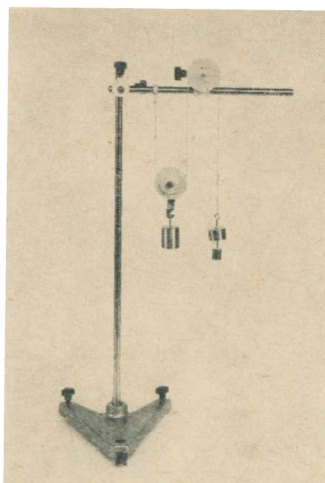
Ring mit Haken

Schere

Rolle $\varnothing$ 20 mm

Stativstab, 250 mm

Kreuzmuffe

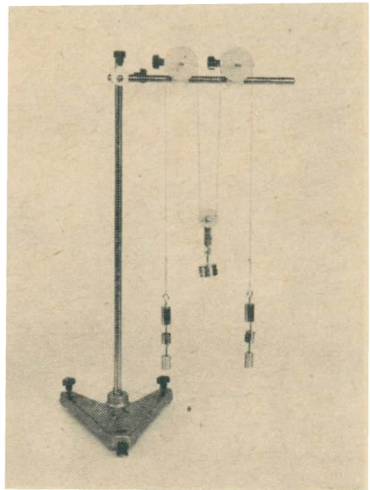


b)

Kreuzmuffe

Achszapfen

Rolle $\varnothing$ 40 mm



16. Stufenscheibe

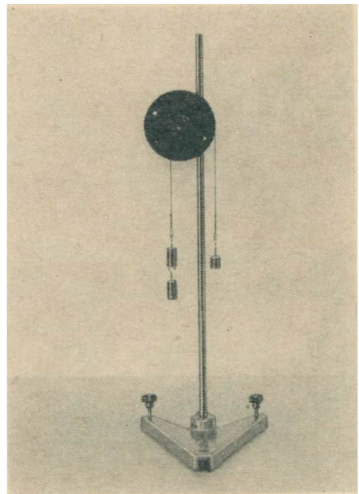
Geräte wie unter 14,
dazu:

Rolle $\varnothing$ 80 mm

Rolle $\varnothing$ 20 mm

Verbindungsstifte

Schnur



17. Flaschenzug mit vier Seilstücken

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Kreuzmuffe

Achszapfen

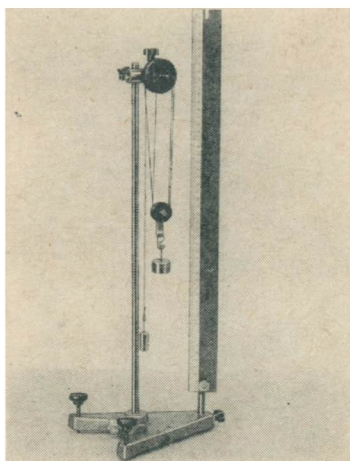
2 Rollen $\varnothing$ 20 mm

2 Rollen $\varnothing$ 40 mm

Schere

Satz Hakenkörper

Schnur, 120 cm



Bemerkung:

Ist paralleler Seilverlauf erforderlich, so werden die Rollen unter den Gruppen ausgetauscht.

Sollen die Wege gemessen werden, so wird das Lineal mit dem Linealhalter in der zweiten Bohrung des V-Fußes eingesetzt.

18. Seilspanner

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Stativstab, 250 mm

2 Kreuzmuffen

Schraubenfeder

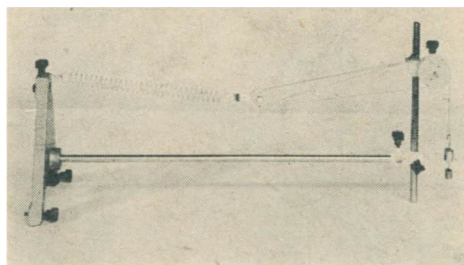
Achszapfen

Schere

4 Rollen

Satz Hakenkörper

Faden



4.5. Getriebe

19. Riementrieb, einstufig

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

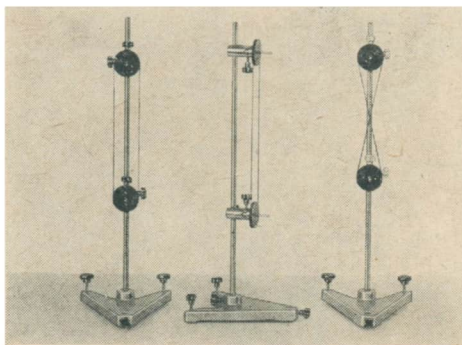
2 Kreuzmuffen

2 Achszapfen

2 Rollen $\varnothing$ 40 mm

Gummiring

Kurbelstift



20. Riementrieb, mehrstufig

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

3 Kreuzmuffen

3 Achszapfen

Rolle, $\varnothing$ 80 mm

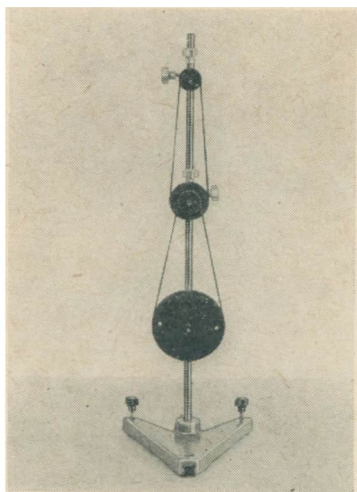
2 Verbindungsstifte

2 Rollen $\varnothing$ 20 mm

1 Rolle, $\varnothing$ 40 mm

2 Kurbelstifte

2 Gummiringe



21. Übersetzungsverhältnis

- a) Verhältnis der Umdrehungszahlen
- b) Verhältnis der Kräfte

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Stativstab, 250 mm

3 Kreuzmuffen

2 Achszapfen

2 Verbindungsstifte

3 Rollen (beliebig)

2 Kurbelstifte

Satz Hakenkörper

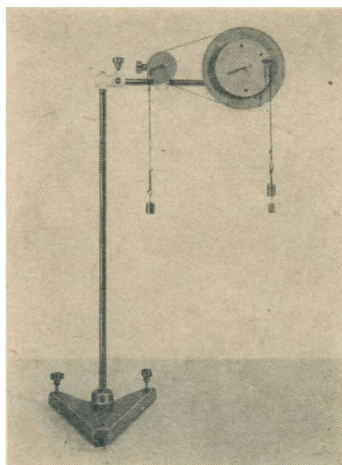
(Federkraftmesser)

Bemerkung:

Beim Messen der Kräfte ist statt des Gummiringes eine Fadenschlinge zu verwenden, da sonst die Reibung zu stark ist.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

$$F_2 = F_1 \cdot i$$



22. Reibradtrieb

V-Fuß

Stativstab, 250 mm

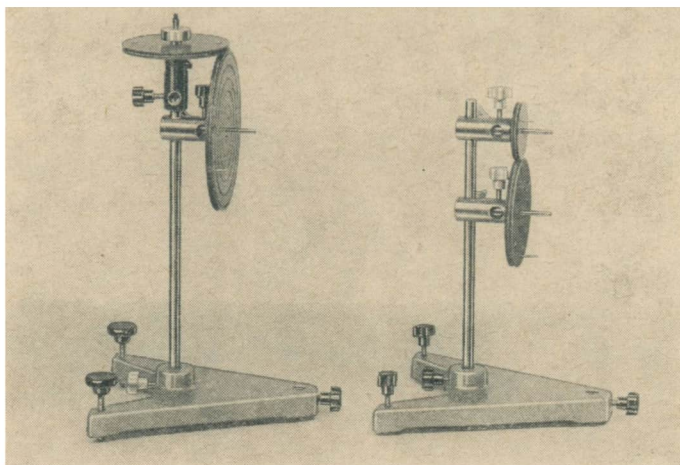
2 Kreuzmuffen

2 Achszapfen

Momentenscheibe

Rolle $\varnothing$ 40 oder 80 mm

Kurbelgriff



23. Wellrad

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Kreuzmuffe

Achszapfen

Zeigerwalze

Rolle $\varnothing$ 80 mm oder

Momentenscheibe

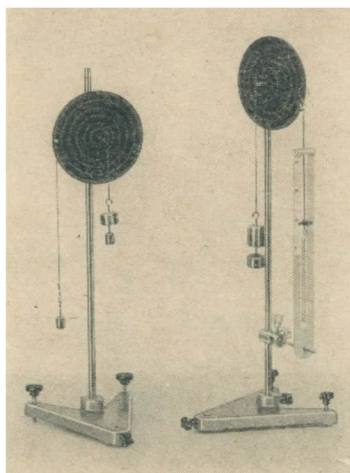
Satz Hakenkörper

2 Fäden

2 Verbindungsstifte

2 Kurbelstifte

Federkraftmesser



4.6. Reibung

24. a) Haft-, Gleit- und Rollreibung

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Kreuzmuffe

Achszapfen

Experimentierbrett

Wagen, 50 g

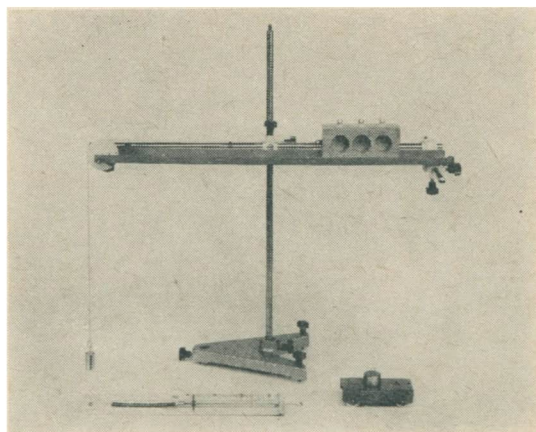
Holzklötz

Rolle $\varnothing$ 40 mm oder

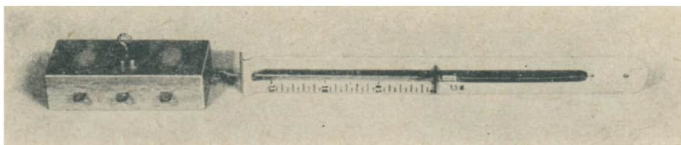
Satz Hakenkörper

Federkraftmesser

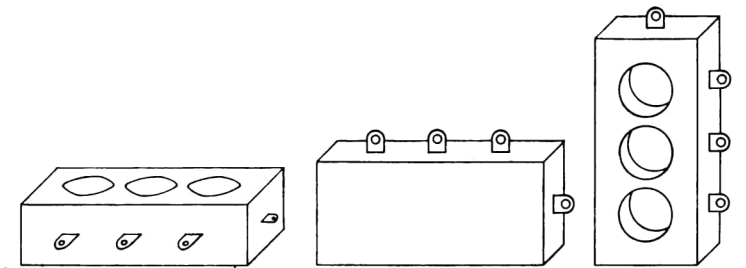
$$F_R = \mu \cdot G$$



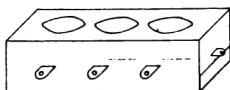
b) Abhängigkeit vom Gewicht des Körpers



c) Unabhängigkeit von der Größe der Reibungsfläche



d) Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Reibungsfläche



Klotz mit	Fläche des Experimentierbrettes	
	glatt	rau
Holzfläche		
Plastfläche, glatt		
Plastfläche, rau		
Alufläche		

25. Bestimmen der Haftreibungszahl eines Holzklotzes auf der geneigten Ebene

V-Fuß

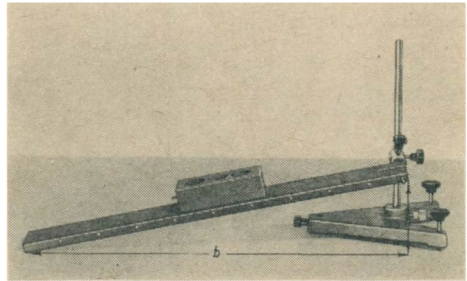
Stativstab, 500 mm

Kreuzmuffe

Achszapfen

Experimentierbrett

Holzklotz



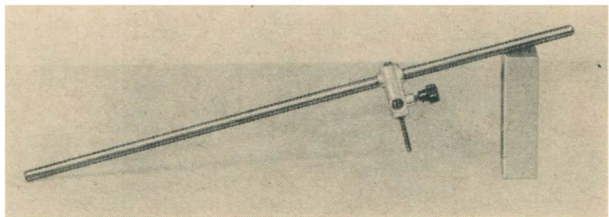
26. Haftreibungszahl einer gleitenden Muffe

Stativstab, 500 mm

Kreuzmuffe

Holzklotz

Achszapfen



$$\mu = \frac{h}{b}$$

27. Reibungsverluste beim Übertragen von Kräften

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

2 Achszapfen

Stativstab, 250 mm

2 Rollen, $\varnothing$ 40 mm

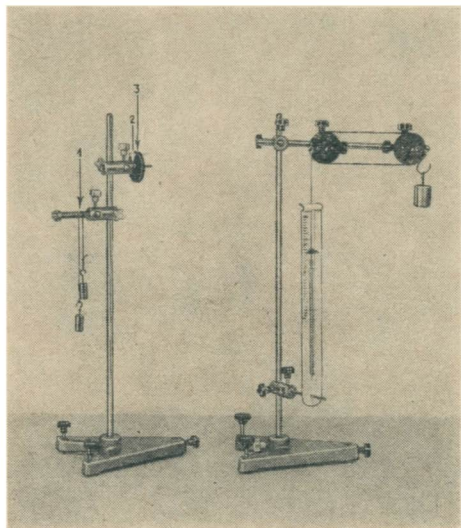
Linealhalter

Federkraftmesser

Gummiring, Faden

Richtungsänderung über

- Kante des Linealhalters
- Rundung des Achszapfens
- feste Rolle
- Seiltrieb



Bemerkung:

Die aufzuwendende Kraft muß während der Bewegung gemessen werden.

4.7. Die geneigte Ebene

28. Geneigte Ebene mit Wagen

a) Messen der Hangabtriebskraft mit Hakenkörper

V-Fuß,

Stativstab, 500 mm

Kreuzmuffe

Achszapfen, 80 mm

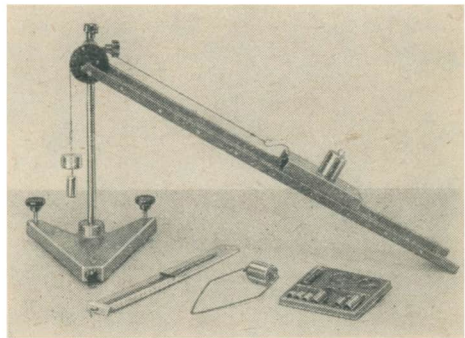
Experimentierbrett

Wagen, 50 g

Rolle, $\varnothing$ 40 mm

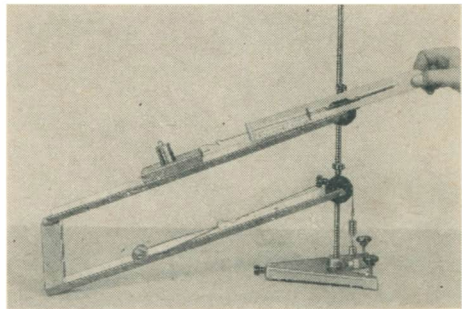
Satz Hakenkörper

Schnur, 60 cm



b) Messen der Hangabtriebskraft mit dem Federkraftmesser

Geräte wie 28a, an Stelle der Rolle Federkraftmesser



c) Geneigte Ebene mit Walze

Geräte wie 28a, dazu:

Klemmbügel zur Waagschale

29. Rollkörper auf geneigter Ebene

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Kreuzmuffe

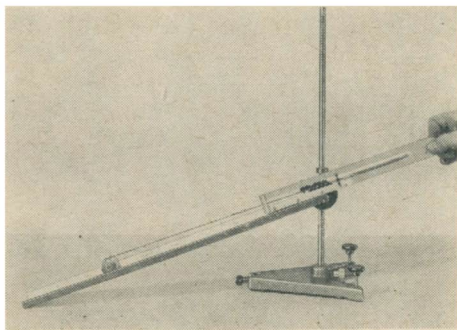
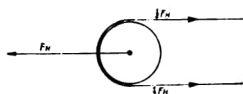
Achszapfen

Experimentierbrett

Hakenkörper, 100 g

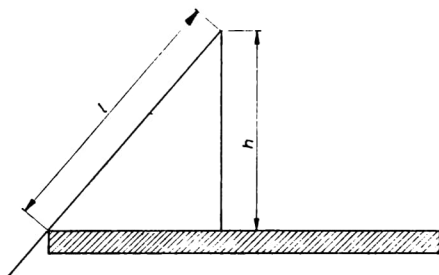
Faden

Federkraftmesser



Bemerkung:

Eine Längenänderung der geneigten Ebene wird erreicht, indem man das Experimentierbrett 10 ... 20 cm über die Tischkante stehen läßt.



$$\frac{F_H}{G} = \frac{h}{l}$$

4.8. Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften

30. Gleichgerichtete Kräfte

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

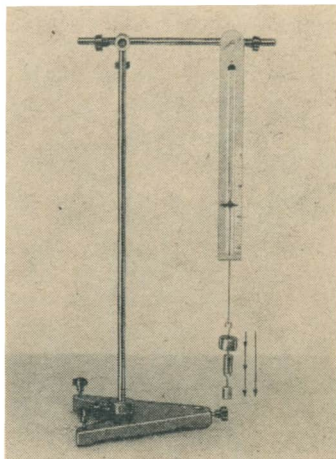
Kreuzmuffe

Achszapfen

Federkraftmesser

Satz Hakenkörper

$$F = F_1 + F_2 + F_3$$



31. Entgegengesetzt gerichtete Kräfte

Geräte wie 30, dazu:

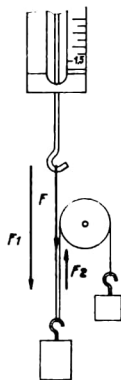
Kreuzmuffe

Achszapfen

Rolle, $\varnothing$ 40 mm

Faden

$$F = F_1 - F_2$$



32. Kräfte in beliebiger Richtung

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Stativstab, 250 mm

4 Kreuzmuffen

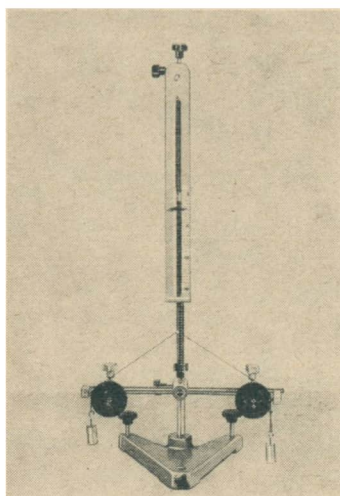
3 Achszapfen

2 Rollen, $\varnothing$ 40 mm

Federkraftmesser

Satz Hakenkörper

Faden



Bemerkung:

Wirkungslinien durch Verschieben der Rollen ändern.

33. Kräfteparallelogramm

V-Fuß

2 Stativstäbe, 500 mm

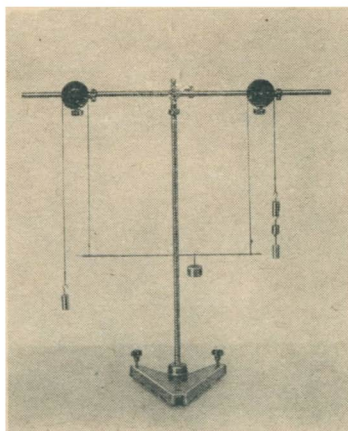
3 Kreuzmuffen

2 Achszapfen

2 Rollen, $\varnothing$ 40 mm

Satz Hakenkörper

Faden



Bemerkung:

Hier Sonderfall rechter Winkel dargestellt.

Kräfteverhältnis 3:4:5

34. Zerlegen einer Kraft beim Ziehen eines Wagens

V-Fuß

Stativstab, 250 mm

Wagen, 50 g

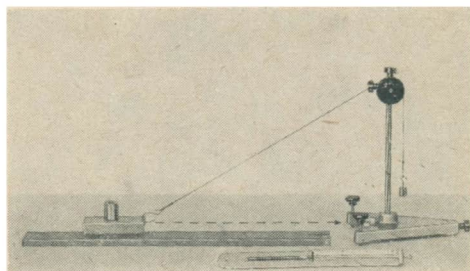
Rolle

Kreuzmuffe

Achszapfen

Satz Hakenkörper

Federkraftmesser



35. Zusammensetzen paralleler Kräfte

V-Fuß

2 Stativstäbe, 500 mm

3 Kreuzmuffen

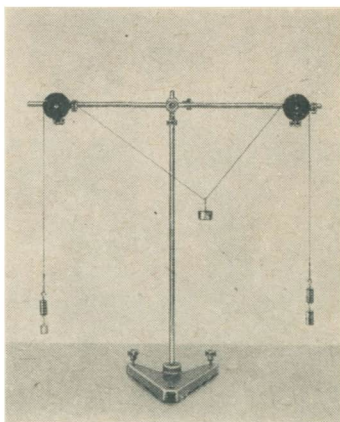
2 Achszapfen

2 Rollen, $\varnothing$ 20 mm

Zeiger, 300 mm

Satz Hakenkörper

Faden



4.9. Das Drehmoment

36. Vergleich: Momentenscheibe – Hebel

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Stativstab, 250 mm

Lineal mit Halter

2 Kreuzmuffen

Satz Hakenkörper

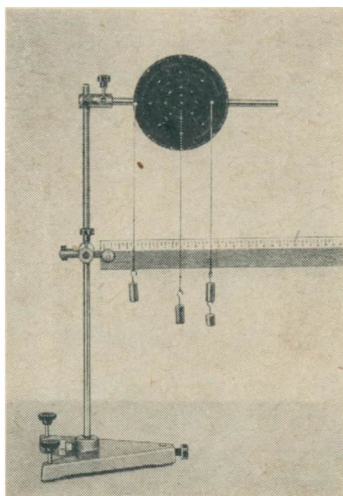
Momentenscheibe

Achszapfen

Faden

Bemerkung:

Beim Aufbau beachten,
daß das Lot vom Mittelpunkt
auf einem großen Teilstrich
(10 oder 20 cm) liegt.



37. Momentenscheibe mit je einer rechts- und linksdrehenden Kraft

V-Fuß

2 Stativstäbe, 500 mm

4 Kreuzmuffen

3 Achszapfen

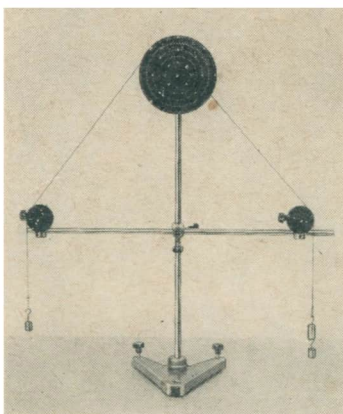
2 Rollen

Momentenscheibe

Satz Hakenkörper

Schnur

Federkraftmesser



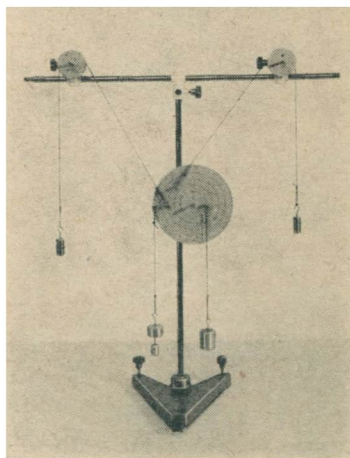
38. Momentenscheibe mit mehreren rechts- und linksdrehenden Kräften

Geräte wie zu 37

	Rechtsdrehend (+)			Linksdrehend (-)		
	$\frac{F}{\text{N}}$	s m	$\frac{F \cdot s}{\text{Nm}}$	$\frac{F}{\text{N}}$	s m	$\frac{F \cdot s}{\text{Nm}}$
1						
⋮						
5						

$$\sum F_r \cdot s_r = \sum F_l \cdot s_l$$

$$\sum F \cdot s = 0$$



4.10. Schwerpunkt und Standfestigkeit

39. Lotrechtes Aufstellen eines Stabes

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Stativstab, 250 mm

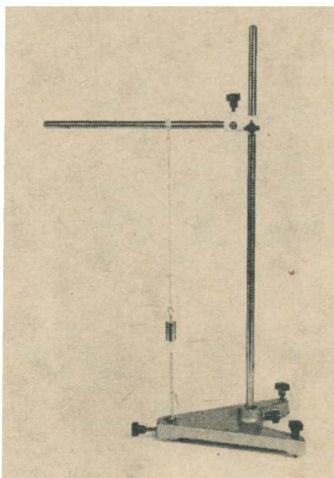
Kreuzmuffe

Ring mit Haken

Achszapfen

Hakenkörper

Schnur



40. Ermitteln des Schwerpunktes einer Platte

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

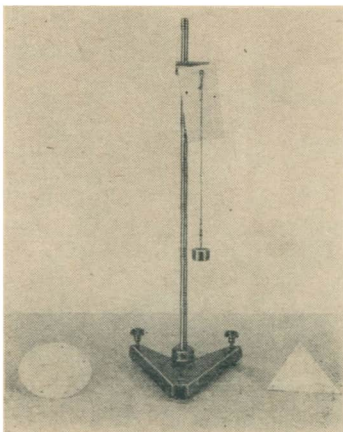
Kreuzmuffe

Achszapfen

3 Schwerpunktplatten

Hakenkörper

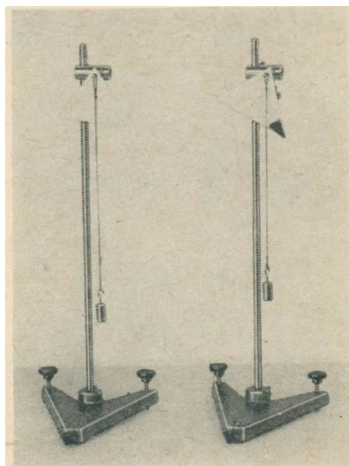
Schnur



41. Schwerpunktverlagerung bei ungleicher Dicke

Geräte wie 40, dazu:

2 Maniperm-Haftsteine



Bemerkung:

Schwerelinien mit Bleistift markieren.

Kontrolle: Schnittpunkt auf Achszapfen aufsetzen.

42. Standfestigkeit eines Quaders

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

2 Kreuzmuffen

2 Achszapfen

Experimentierbrett

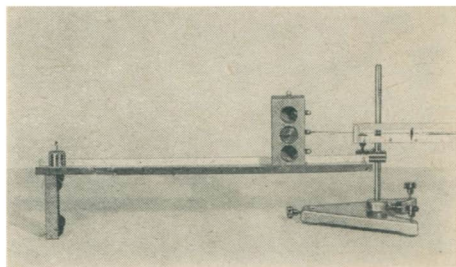
Wagen

Holzklötz

Rolle

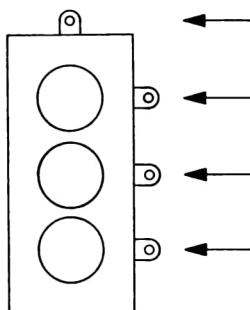
Satz Hakenkörper

(Federkraftmesser)



43. Messen der Kippkraft bei verschiedenen Angriffspunkten

Geräte wie 42



Bemerkung:

Abhängigkeit vom Gewicht des Körpers
von der Lage des Schwerpunktes
von der Größe der Standfläche

44. Überschreiten der Kippkante

V-Fuß

Stativstab, 250 mm

Kreuzmuffe

Achszapfen

Experimentierbrett

Holzklötz

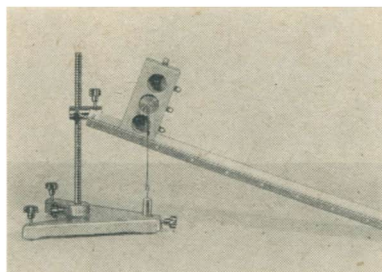
Schnur

Hakenkörper

Bemerkung:

Experimentierbrett so
festschrauben, daß das Lot
kurz vor der Kippkante
verläuft.

Weitere Neigung durch
Drehen der Stellschrauben
bis der Körper kippt.



4.11. Der Wurf

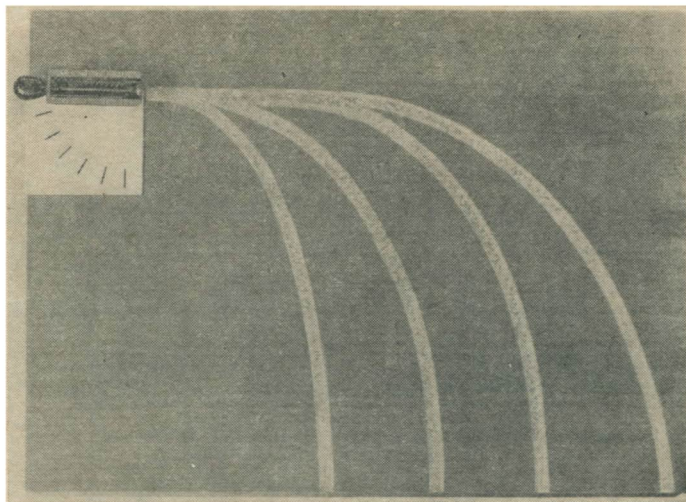
45. Waagerechter Wurf

Aufnahme der Wurfparabel bei verschiedenen Anfangsgeschwindigkeiten

Schülerreißbrett	(X)	Stahlkugel
Schwarzes Papier	(X)	Holzklötz
Kartonstreifen	(X)	Holzkeil (X) oder
Kreidepulver	(X)	Federstoßvorrichtung

Bemerkung:

Man läßt die Kugel von verschiedenen Höhen des Keiles ablaufen.



46. Schräger Wurf

Aufnahme der Wurfparabel bei verschiedenen Anfangsgeschwindigkeiten und unterschiedlichen Erhebungswinkeln.

Schülerreißbrett (X)

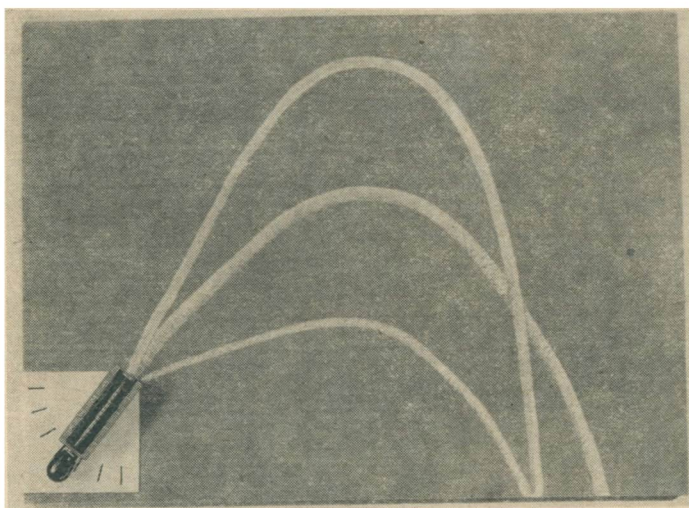
Schwarzes Papier (X)

Kartonstreifen (X)

Federstoßvorrichtung

Stahlkugel

Kreidepulver (X)

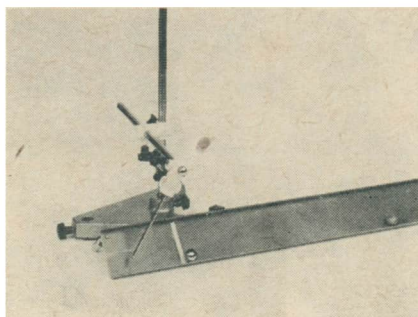


Bemerkung:

Das Reißbrett wird durch Unterlegen von Büchern o. ä. am oberen Rand schräg gestellt. Am unteren Rand zweckt man den Kartonstreifen an, damit die Kugel nicht herunterfällt.

4.12. Die Trägheit

47. Trägheit einer Holz- und einer Stahlkugel



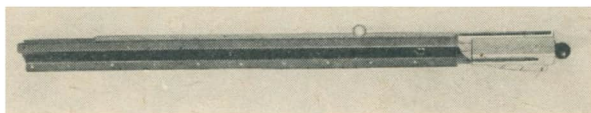
V-Fuß
Stativstab, 500 mm
Stativstab, 250 mm
2 Kreuzmuffen
Achszapfen, 80 mm
oder
Federstoßvorrichtung
Experimentierbrett
Stahlkugel
Holzkugel

Bemerkung:

Der Anstoß der Kugeln erfolgt durch den Achszapfen.

Dieser ist beide Male bis zur gleichen Höhe anzuheben.

Bei Verwendung des Experimentierbrettes ist dieses etwas schräg zu stellen, damit die Kugel an einer Kante entlangrollt.



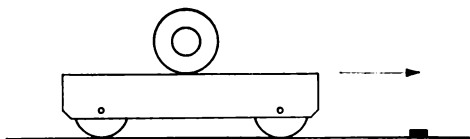
48. Beharrungsvermögen einer Walze beim Anfahren und Anhalten

Experimentierbrett

Wagen

Hakenkörper, 100 g

Schnur



Bemerkung:

a) unterschiedliche Lage vor und nach ruckartigem Anziehen

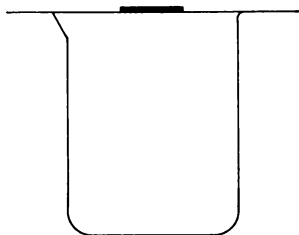
b) unterschiedliche Lage vor und nach ruckartigem Anhalten

49. Trägheit einer Münze

Becherglas

Kartonstreifen (X)

Münze (X)

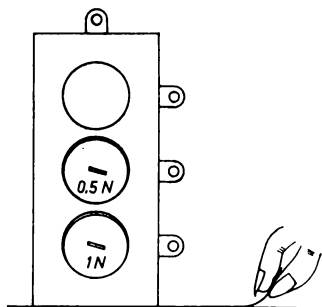


50. Trägheit eines stehenden Quaders

Holzklötz

Papierstreifen (X)

Hakenkörper



Bemerkung:

Zieht man den Papierstreifen langsam weg, so bleibt er ganz.

Ruckartig weggezogen, zerreißt er.

4.13. Schwingungen

51. Fadenpendel

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Stativstab, 250 mm

Ring mit Haken

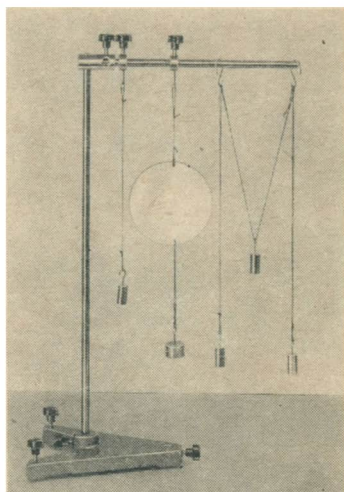
Satz Hakenkörper

Schwerpunktplatte

Schnur

Kreuzmuffe

- a) Sekundenpendel
- b) gedämpftes Pendel
- c) gekoppeltes Pendel



52. Stabpendel

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Kreuzmuffe

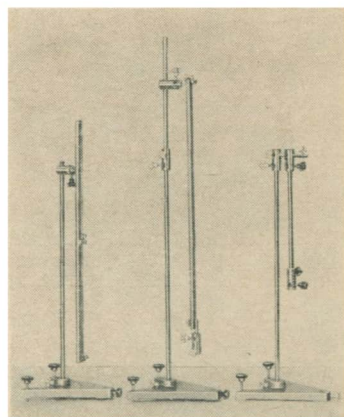
Achszapfen

Hebel oder

Kreuzmuffe }
Lineal mit } oder
Linealhalter }

Stativstab, 250 mm

Kreuzmuffe



53. Horizontalschwinger mit zwei Gummiseilen

V-Fuß

2 Stativstäbe, 500 mm

Stativstab, 250 mm

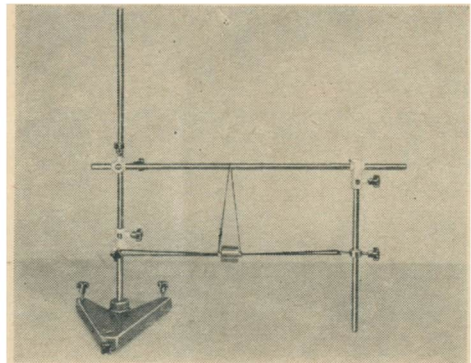
2 Kreuzmuffen

Ring mit Haken

2 Gummiringe

Hakenkörper

Schnur



54. Federschwinger, vertikal

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

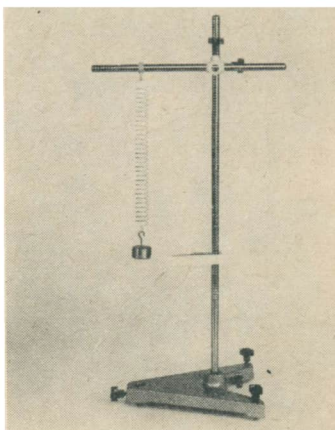
Stativstab, 250 mm

Ring mit Haken

Kreuzmuffe

Schraubenfeder

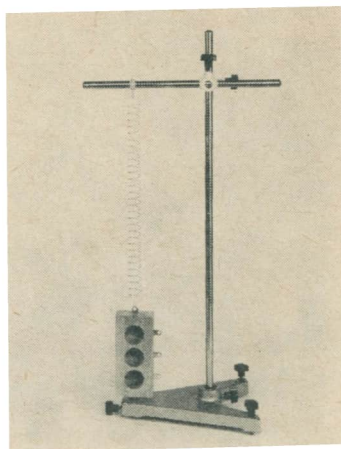
Hakenkörper



55. Torsionsschwingungen

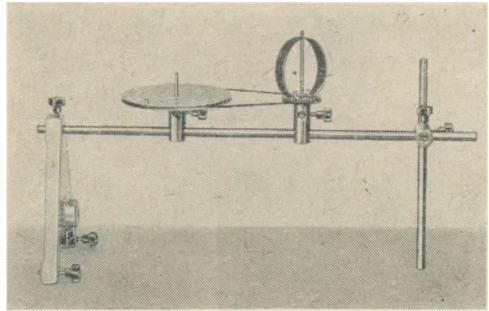
Gerät wie 54, statt

Hakenkörper Holzklötz



4.14. Drehbewegung

56. Schwungmaschine mit Erdabplattungsring



V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Stativstab, 250 mm

3 Kreuzmuffen

2 Achszapfen

Momentenscheibe

Rolle, $\varnothing$ 40 mm

3 Kurbelstifte

Kartonstreifen (X)

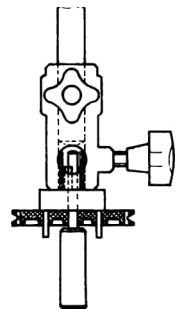
Gummiring

57. Schwungmaschine zum Aufsetzen beliebiger Vorrichtungen

Geräte wie 56, dazu:

Zeigerwalze

Kreuzmuffe



Bemerkung:

Die Zeigerwalze wird auf die Rolle aufgesetzt und mit einem Kartonstreifen umwickelt, so daß die Kreuzmuffe straff aufgedrückt werden kann.

58. Abhängigkeit der Zentralkraft

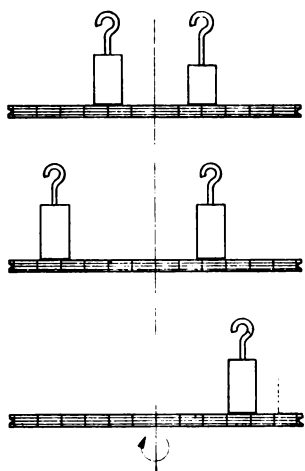
Geräte wie zu 56, jedoch Antrieb durch die kleine Rolle.

Satz Hakenkörper

$F \sim m$ Die Hakenkörper 5 g und 10 g werden im gleichen Abstand auf die Momentenscheibe gelegt. Man steigert die Drehzahl, bis der Hakenkörper 10 g herabrutscht.

$F \sim r$ Zwei Hakenkörper 20 g werden in ungleichen Abständen aufgesetzt.

$F \sim n^2$ Man legt den Körper auf einen kleineren Abstand.
Bereits eine geringfügige Erhöhung der Umdrehungszahl läßt ihn herabrutschen.



Bemerkung:

Die angegebenen Beziehungen können erst mit mehreren Versuchen bestätigt werden. Versuch 1 und 2 ergeben, daß die Zentralkraft um so größer ist, je größer die Masse bzw. der Radius ist. Wiederholt man den Versuch 1 mit 5 g – auf r_2 und 10 g auf r_1), so wird damit die Proportionalität bewiesen.

4.15. Dichte – Wichte

59. Dichtebestimmung verschiedener Körper

Balkenwaage nach (1)

Wägesatz

Lineal

Meßzylinder

Becherglas

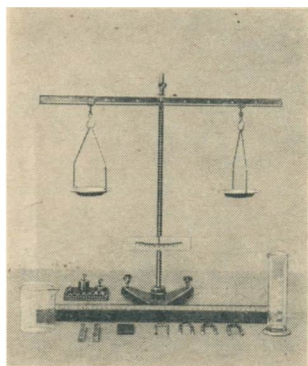
Holz-, Stahl-, Plastquader

Krampe

versch. Flüssigkeiten

(Salzlösung, Spiritus) (X)

- a) regelmäßige Körper, durch Messen
der Kantenlängen und Wägen
- b) unregelmäßig geformte Körper
durch Messen der verdrängten
Flüssigkeit und Wägen
- c) Flüssigkeiten
durch Volumenmessung
und Wägen



60. Wichtebestimmung

wie 59 unter Verwendung des Federkraftmessers:



Stoff	$\frac{G}{N}$	$\frac{V}{\text{cm}^3}$	$\frac{G}{V}$	$\frac{\gamma}{\frac{N}{\text{cm}^3}}$

61. Auftrieb eines Körpers in verschiedenen Flüssigkeiten

Federkraftmesser

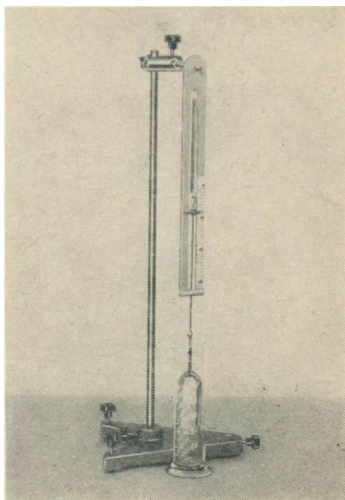
Meßzylinder

Holz-, Stahl-, Plastquader

Krampe

Wasser, Salzlösung

Spiritus oder Petroleum (X)



62. Wichtebestimmung nach dem Archimedischen Prinzip

Meßzylinder

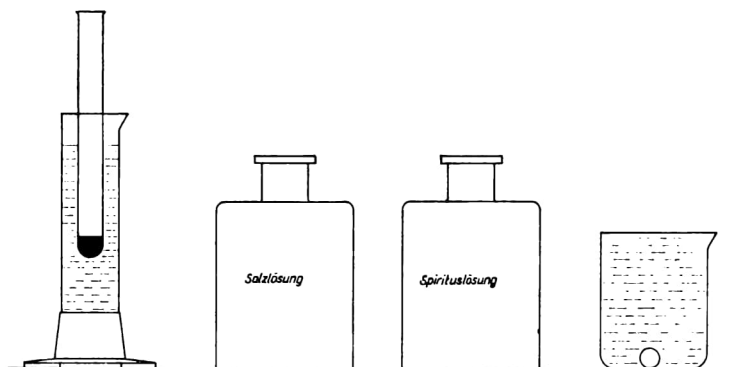
Reagenzglas

Hakenkörper, 2 g

Papierstreifen (X)

Wasser, Salzlösung

Spiritus (X)



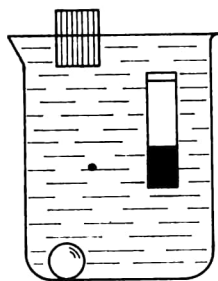
63. Schweben, Schwimmen, Sinken

Becherglas

Stahlkugel

Tablettenröhrchen (X)

Kork (X)



4.16. Druck in Flüssigkeiten – Luftdruck

64. Schweredruck in verschiedenen Tiefen

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Becherglas, 250 ml

Manometer

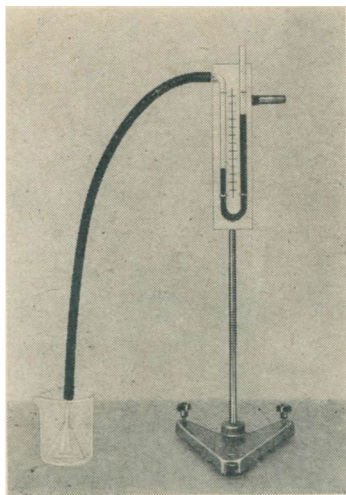
Trichter

Gummihaut (X)

Schlauch, 500 mm

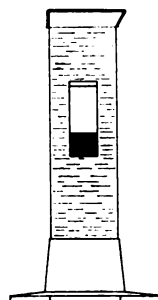
Bemerkung:

Der Trichter braucht nicht
mit einer Gummihaut
versehen zu werden,
wenn man ihn senkrecht
in die Flüssigkeit taucht.



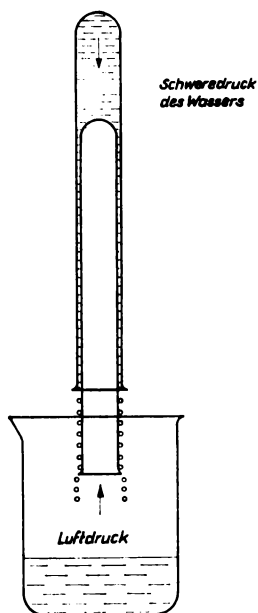
65. Druckfortpflanzung in Flüssigkeiten (Kartesischer Taucher)

Meßzylinder
Gummihaut (X)
Tablettenröhrchen (X)
mit durchbohrtem Deckel



66. Wirkung des Luftdruckes

Becherglas
Reagenzglas
Reagenzglas
mit Maßeinteilung



67. Messen des Druckes in einem Kolben

V-Fuß

Stativstab, 500 mm

Manometer

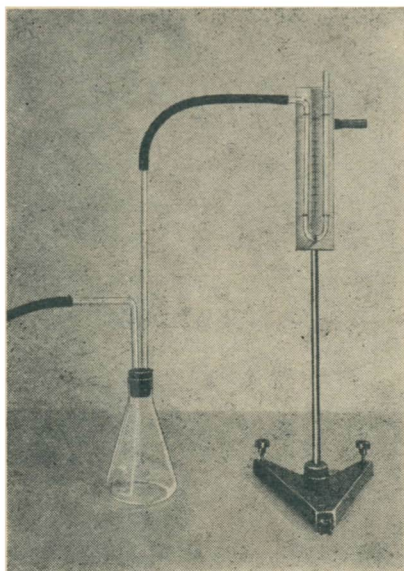
Erlenmeyerkolben, 300 ml

Stopfen mit 2 Bohrungen

2 Glasrohrstücke

Schlauchstück, 500 mm

Schlauchstück, 100 mm



Bemerkung:

Erzeugen des Überdruckes durch Hineinblasen.

Erzeugen des Unterdruckes durch Aussaugen.

Danach Gummischlauch durch Umknicken verschließen.

68. Saugheber

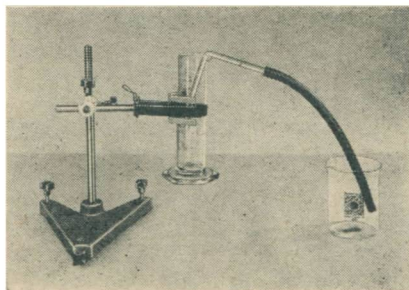
Stativ

mit Glasröhrchenhalter

Meßzylinder

Becherglas

Glaswinkelrohr



IX/01/01-85 Rb 415/85 2

Exporteur:

MLW - export - import
Volkseigener Außenhandelsbetrieb
der Deutschen Demokratischen Republik
DDR 1020 Berlin, Schicklerstraße 5/7



Mitglied im Warenzeichenverband Unterrichtsmittel
und Schulausrüstungen e. V., Apolda
DDR - 5320 Apolda, Sulzaer Straße 7
Geschäftsführung: DDR - 9030 Karl-Marx-Stadt, Oberfrohaer Straße 4



VEB METALLBAU UND LABORMÖBELWERK APOLDA

Stammbetrieb im VEB Kombinat Elektrogeräte Apolda

5320 Apolda, Sulzaer Straße 7, Telefon 566