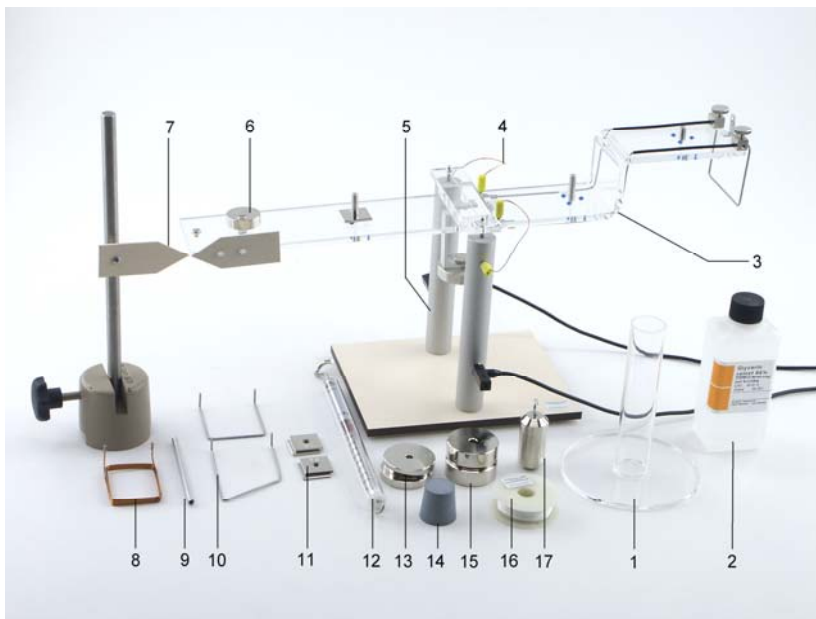


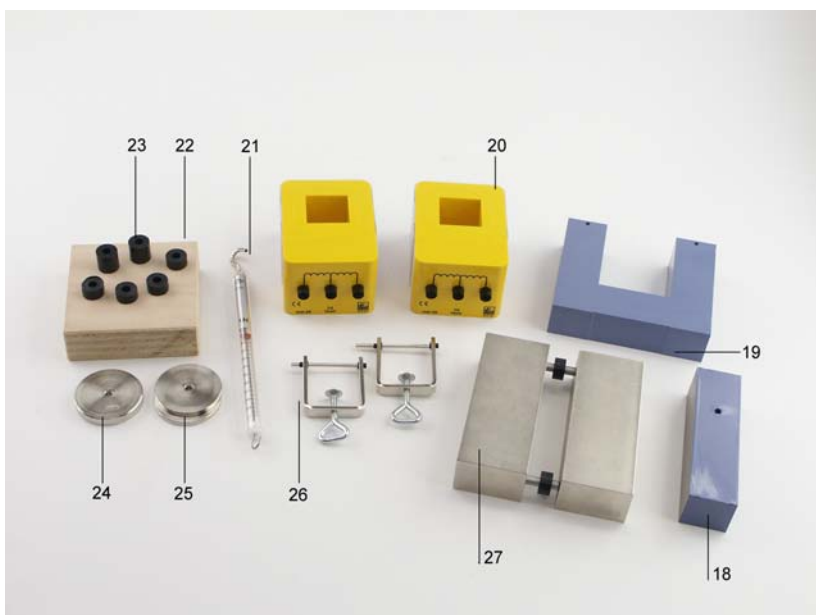
## Stromwaage nach Langensiepen U8496820

### Bedienungsanleitung

06/09 ERL



- 1 Reibungsbremse, Zylinder
- 2 Glycerin
- 3 Waagebalken mit Zeiger
- 4 Stromzuführung
- 5 Ständer
- 6 Schwenkmassstück
- 7 Zeiger für die Nulleinstellung
- 8 Spule, 5 Windungen
- 9 Alu- Rohr
- 10 Strombügel
- 11 Massestück, 10 g
- 12 Kraftmesser aus Zubehörsatz
- 13 Antriebsmasse 100 g
- 14 Gummistopfen
- 15 Antriebsmasse 200 g
- 16 Perlonschnur
- 17 Reibungsbremse (Kolben)



- 18 Joch
- 19 Transformator kern
- 20 Spule, 600 Windungen
- 21 Kraftmesser 0,1 N
- 22 Unterlegklotz
- 23 Abstandsringe
- 24 Massestück 200 g
- 25 Massestück 100 g
- 26 Spannbügel
- 27 Polschuhaufsatz

## 1. Sicherheitshinweise

Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ist ein sicheres Arbeiten mit allen Gerätekomponten gewährleistet.

Transformatorkern, Joch und Polschuhe erfordern vorsichtigen Umgang, da durch ihre große Masse Verletzungsgefahr besteht.

Bei Experimenten mit dem starken Magnetfeld dürfen keine ferromagnetischen Stoffe angenähert werden, da diese mit großer Kraftwirkung angezogen würden und somit Quetschungsgefahr besteht.

Geräte mit Netzanschluss müssen vor Inbetriebnahme auf Beschädigungen überprüft werden.

## 2. Beschreibung

Der Gerätesatz Stromwaage nach Langensiepen dient zur Durchführung von Experimenten zur Elektrodynamik und Lorentzkraft durch Kompensationsmessung der Kräfte auf Leiter im Magnetfeld.

## 3. Lieferumfang

- 1 Ständer mit Lagerpfannen aus Achat zur Aufnahme des Waagebalkens
- 1 Waagebalken mit Zeiger und Klemmhalter für die Stromzuleitung
- 1 Satz Strombügel
- 1 Spule, 5 Windungen
- 1 Zeiger für die Nullstellung
- 1 Hydrodynamische Reibungsbremse
- 2 Spezialverbindungsleitungen
- 1 Flasche Glycerin (250 ml)
- 2 Antriebsmassen, 100 g und 200 g
- 1 Schwenkmassestück
- 2 Massestück, 19 g
- 1 Rolle Perlonschnur
- 1 Bedienungsanleitung
- 1 Transformator kern mit Joch und Spannbugel
- 1 Polschuh aufsatz
- 2 Massestück 100 g
- 1 Massestück 200 g
- 2 Spule 600 Wdg.
- 1 Unterlegklotz
- 1 Kraftmesser 0,1 N
- 10 Abstandsringe

## 4. Bedienung

### 4.1 Das starke Magnetfeld

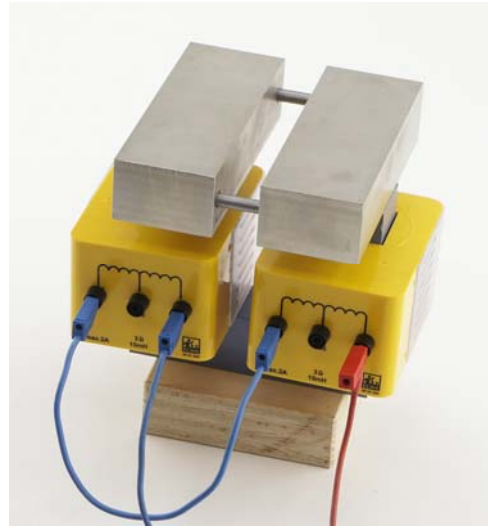


Fig. 1

Das starke Magnetfeld wird aus Teilen des Experimentiertransformators 1 U-Kern (19), 2 Spulen (20) und dem Polschuh aufsatz (27) gemäß Fig. 1 aufgebaut.

Die Verbindungskabel müssen genügend lang gewählt werden, so dass beim Experimentieren keine mechanische Behinderung der Stromwaage entsteht.

Die Polschuhe (27) werden ohne besondere Befestigung auf den Kern (19) gelegt. Sie liegen durch ihr Eigengewicht hinreichend fest und werden bei Erregung des Feldes zusätzlich gehalten. Die Breite des Polschuhabstandes von 10, 15 und 20 mm wird durch austauschbare Abstandsringe (23), die man auch zu 25, 30, 35 und 45 mm kombinieren kann, bestimmt. Das Feld zwischen den Polschuhen ist annähernd homogen.

Als Spannungsquelle für die Erregung wird das geregelte Netzgerät U33020 (vgl. Fig. 3) empfohlen. Beim Ein- und Ausschalten des Feldes muss die hohe Induktivität der Anordnung beachtet werden, deshalb nicht bei hohen Stromstärken zu- oder abschalten.

Die folgende Tabelle enthält einige Richtwerte über die erreichbaren magnetischen Flussdichten  $B$ .

U-Kern mit 2 Spulen zu 600 Wdg. in Reihe geschaltet.

Polschuhabstand	1 cm	2 cm	3 cm
Erregerstrom	Flussdichte $B$	Flussdichte $B$	Flussdichte $B$
2 A	0,18 T	0,15 T	0,12 T
1 A	0,13 T	0,09 T	0,07 T
0,5 A	0,06 T	0,04 T	0,03 T

## 4.2 Die Stromwaage

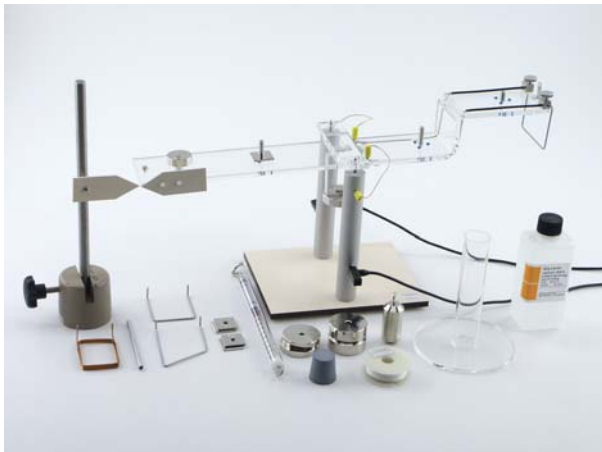


Fig. 2

Die Stromwaage (Fig. 2) besteht aus dem Ständer (5), dem Waagebalken (3), dem Zeiger für Nullstellung (7) und drei einklemmbaren Strombügel (10), sowie einer Spule mit 5 Wdg. (8).

Über den Ständer erfolgt die Stromzuführung für die Bügel (Dauerbelastung der Stromzuführung 2 A, kurzzeitig bis 4 A).

Die Strombügel haben unterschiedliche Längen, ein Alu-Rohr (9) kann in den 10-cm-Bügel zur Vergrößerung des Leitequerschnitts geklemmt werden.

Nach Einsetzen eines Bügels muss die Waage zunächst mechanisch ins Gleichgewicht gebracht werden. Die Nulllage wird mit einem Stellzeiger markiert. Die Grobeinstellung erfolgt durch 10g-Massestücke (11), die auf an der Waage vorgesehene Zapfen gelegt werden. Feineinstellung erfolgt mit Hilfe der am Waagebalken befindlichen Schwenkmasse.

## 4.3 Die Induktionsanordnung



Fig. 3

Die Induktionsanordnung (Fig. 3) besteht aus einer Stromwaage und einem starken Magnetfeld.

Dazu kommt ein Antrieb, der das Ein- bzw. Austreten der Strombügel (10) in das annähernd homogene Magnetfeld zwischen den Polschuhen erlaubt. Die Reibungsbremse im Zusammenwirken mit aufgelegten Massestücken (13, 15, 24, 25) ermöglicht eine gleichförmige Ab- bzw. Aufwärtsbewegung der Strombügel (10) oder der Spule (8).

Unterschiedliche Abstandsringe (23) zwischen den Polschuhen bewirken unterschiedliche magnetische Flussdichten bei gleichen Erregerstromstärken.

Es sind konstante Induktionsspannungen über einen Zeitraum bis zu 30 s realisierbar, die mit einem Mikrovoltmeter (U8530501) gemessen werden können.

## 4.4 Kraft auf einen stromführenden Leiter

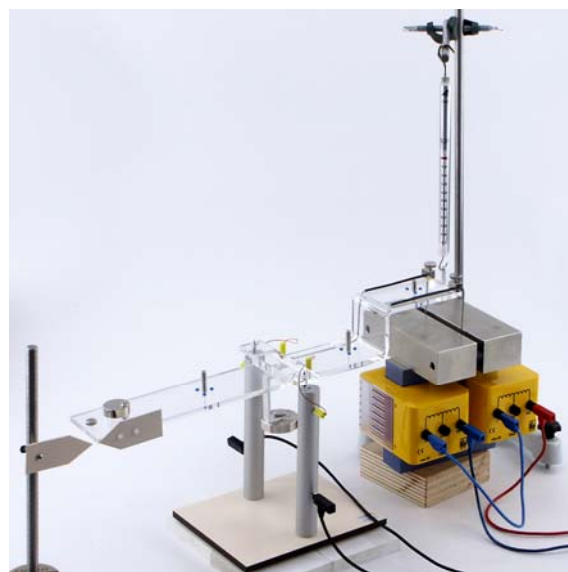


Fig. 4

Der Polschuhabstand soll zunächst 10 mm betragen. Bei eingesetztem Bügel ( $l = 5 \text{ cm}$ ) wird die Stromwaage ins Gleichgewicht gebracht.

Das starke Magnetfeld wird angeschaltet und in den Bügel ein Gleichstrom ( $I = 2 \text{ A}$ ) geleitet (Verwendung eines zweiten Messgerätes).

Durch Anheben des Kraftmessers wird die Stromwaage wieder ins Gleichgewicht gebracht.

Verschiebt man die Feldanordnung (soweit es der Bügel zulässt), ändert sich die Einstellung der Stromwaage nicht, das Magnetfeld zwischen den Polschuhen ist also homogen.

Variiert man die Länge der Bügel und den im Bügel fließenden Strom erkennt man:

$$F \sim l \text{ und } F \sim I, \text{ also } F \sim I \cdot l$$

Variiert man den Erregerstrom des Feldes oder den Abstand der Polschuhe, ändern sich die vorher gemessenen Kraftwerte.

Der Proportionalitätsfaktor in der Beziehung  $F \sim I \cdot l$  kann also durch Änderungen an der Feldanordnung

beeinflusst werden. Er ist geeignet zur Charakterisierung des Feldzustandes.

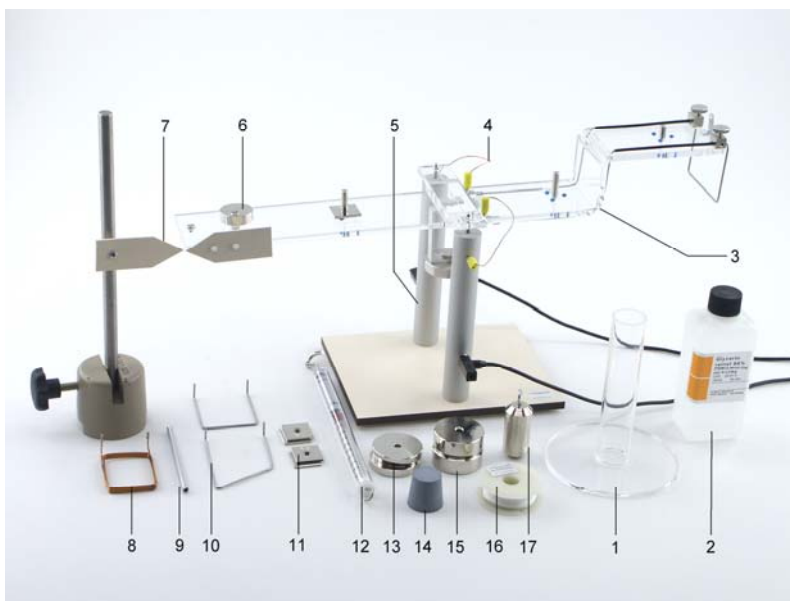
Definition:  $F = B \cdot I \cdot l$  bzw.  $B = \frac{F}{I \cdot l}$ .

Die gemessene Kraft ist unabhängig vom Querschnitt des Bügels. Das lässt sich leicht zeigen, indem man in den Bügel ( $l = 10 \text{ cm}$ ) das enthaltene Röhrchen ein-klemmt.

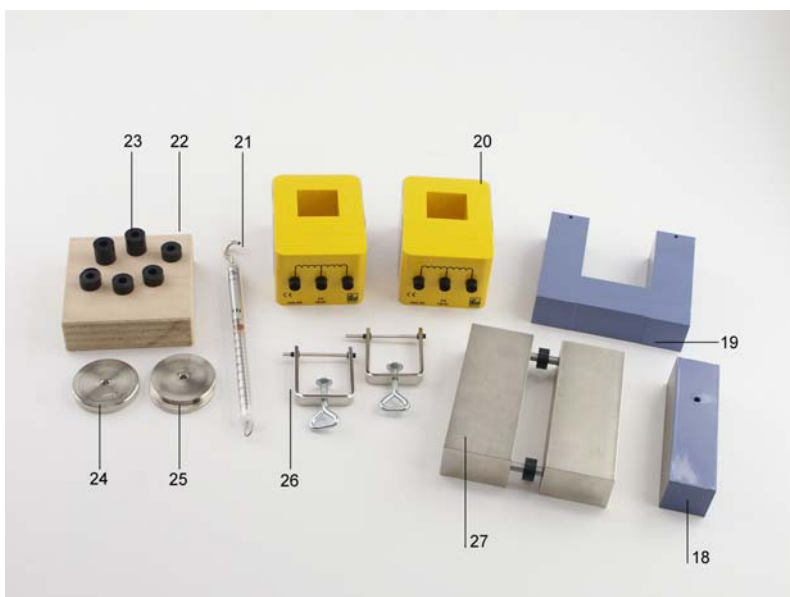
## Langensiepen Current Balance U8496820

### Instruction Sheet

06/09 ERL



- 1 Cylinder for friction brake
- 2 Glycerine
- 3 Balance beam with pointer
- 4 Current input terminals
- 5 Stand
- 6 Counterweight
- 7 Pointer for zero calibration
- 8 Coil, 5 turns
- 9 Aluminium tube
- 10 Conductor loop
- 11 10 g weight
- 12 Dynamometer (from accessory set)
- 13 Drive weight, 100 g
- 14 Rubber bung
- 15 Drive weight ,200 g
- 16 Nylon thread
- 17 Piston for friction brake



- 18 Yoke
- 19 Transformer core
- 20 Coil, 600 turns
- 21 Dynamometer 0,1 N
- 22 Storage block
- 23 Spacer rings
- 24 200 g weight
- 25 100 g weight
- 26 Fixing clamp
- 27 Pole shoe set

## 1. Safety instructions

All the components of the instrument are safe to work with, provided that they are used in accordance with instructions and regulations.

The transformer core, yoke and pole shoes should be handled carefully to avoid the risk of injuries resulting from their considerable weight.

In experiments involving a strong magnetic field, do not allow any ferromagnetic materials to come near the instrument, as they would be powerfully attracted towards it with a risk of damage or injury, for example through trapping of fingers.

Equipment that is to be connected to the mains must be checked for any damage before it is used.

## 2. Description

The Langensiepen current balance is used for experiments on electrodynamics and Lorentz forces and involves measurements in which the force on a conductor in a magnetic field is balanced mechanically.

## 3. Equipment supplied

- 1 Stand with agate cup bearings for balance beam
- 1 Balance beam with pointer and terminals for current connections
- 1 Set of conductor loops
- 1 Coil, 5 turns
- 1 Pointer for zero calibration
- 1 Hydrodynamic friction brake
- 2 Special connecting leads
- 1 Bottle of glycerine (250 ml)
- 2 Drive weights, 100 g and 200 g
- 1 Counterweight weight
- 2 19 g weights
- 1 Reel of nylon thread
- 1 Instruction sheet
- 1 Transformer core with yoke and fixing clamp
- 1 Pole shoes set
- 2 100 g weights
- 1 200 g weight
- 2 Coils, 600 turns
- 1 Storage block
- 1 Dynamometer, 0.1 N
- 10 Spacer rings

## 4. Operation

### 4.1 Generating a strong magnetic field

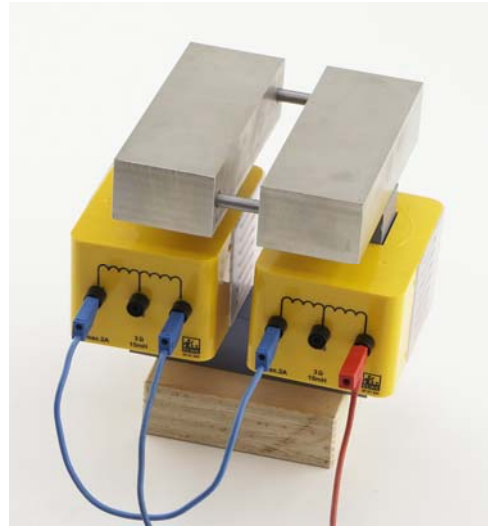


Fig. 1

The strong magnetic field generator is assembled as shown in Figure 1 using the following components from the accessories set U8496818: U-core (19), two coils (20), pole shoes (27).

The connecting leads chosen must be long enough to ensure that they do not cause any mechanical obstruction to the operation of the current balance.

The pole shoes (27) are placed on the core (19) without any special fixing. They rest in place securely enough under their own weight, and when the field is applied they are held more firmly. The distance between the pole shoes is determined by the choice of spacer rings (23), giving a separation of 10, 15 or 20 mm when used singly, or 25, 30, 35 or 40 mm by combining them. The field between the pole shoes is approximately uniform.

It is recommended that a stabilised DC power supply U33020 is used as the voltage source for excitation of the magnet (see Fig. 3). When switching the field on or off, the large inductance of the system must be taken into account by avoiding switching a large current.

The following table contains some guideline data on the magnetic flux density  $B$  that can be generated with different values of the coil current and spacing of the pole shoes. The magnet set-up consists of the U-core with two 600-turn coils connected in series.

Pole shoe separation	1 cm	2 cm	3 cm
Excitation current	Flux $B$	Flux $B$	Flux $B$
2 A	0.18 T	0.15 T	0.12 T
1 A	0.13 T	0.09 T	0.07 T
0.5 A	0.06 T	0.04 T	0.03 T

## 4.2 Current balance



Fig. 2

The current balance (Fig. 2) consists of a stand (5), the balance beam (3), a pointer for zero calibration (7), three interchangeable conductor loops (10) and a coil with 5 turns (8).

The current in the loop or coil is applied via the stand (maximum continuous current 2 A, or up to 4 A for short periods).

The conductor loops are of different lengths. An aluminium tube (9) can be clipped into the 10 cm loop to increase the conductor cross-section.

After fitting one of the loops in place, the instrument must first be mechanically balanced. The zero position is marked by setting a pointer. Coarse adjustment is carried out using 10g weights (11), which are placed on the pegs provided on the beam. That is followed by a fine adjustment using the counterweight on the beam.

## 4.3 Induction set-up



Fig. 3

The induction set-up (Fig. 3) consists of a current balance and a strong magnetic field, to which a drive for moving the current loop (10) into or out of the near-uniform magnetic field between the pole shoes is

added. The drive provided by the weights (13, 15, 24, 25) in combination with the friction brake produces a steady upward or downward movement of the conductor loop (10) or the coil (8).

A choice of different spacer rings (23) between the pole shoes gives a range of magnetic flux densities with the same excitation current.

The induced voltage during the movement of the loop or coil, as measured by a microvoltmeter (U8530501), can remain constant over a period of up to 30 seconds.

## 4.4 Force on a current-carrying conductor

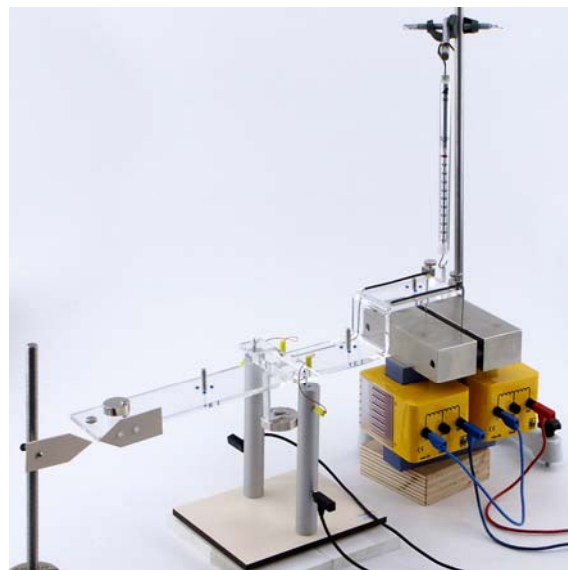


Fig. 4

Initially the distance between the pole shoes should be set at 10 mm. The current loop (length  $l = 5$  cm) is connected in position and the current balance is adjusted for equilibrium.

The strong magnetic field is switched on and a DC current ( $I = 2$  A) is passed through the current loop (using a second meter to measure the current).

The balance is restored to the equilibrium condition by raising the dynamometer.

If the magnetic field generator is then shifted slightly (without disturbing the current loop), the adjustment of the current balance remains unaltered, showing that the magnetic field between the pole shoes is uniform.

When the length  $l$  of the loop and the current  $I$  passing through it are changed, the following can be observed:

$$F \sim l \text{ and } F \sim I, \text{ also } F \sim I \cdot l$$

Varying the magnetic field excitation current or the separation between the pole shoes also changes the measured force.

Therefore the coefficient of proportionality in the relationship where  $F \sim I \cdot l$  can also be changed as a

result changing the field arrangement. This is one appropriate way of characterising the field set-up.

Definition:  $F = B \cdot I \cdot l$  or  $B = \frac{F}{I \cdot l}$ .

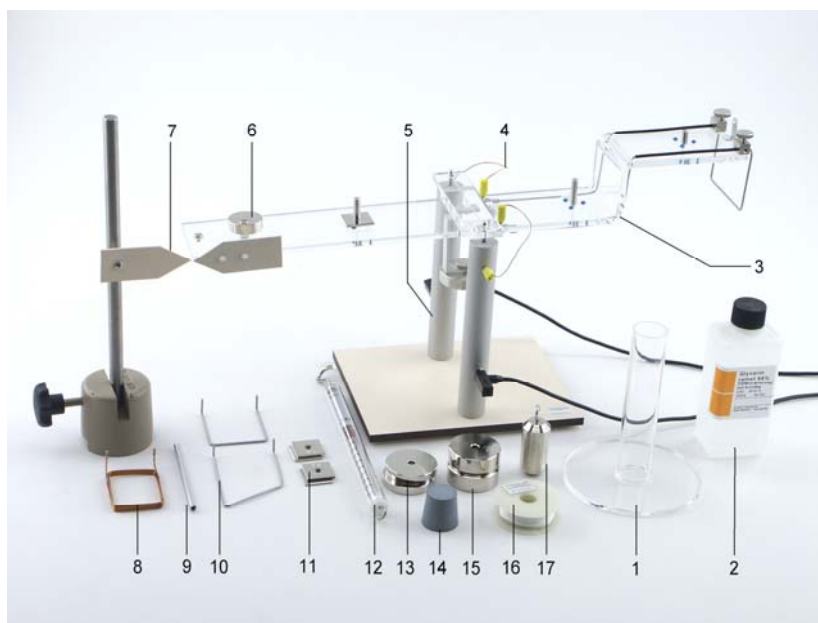
The measured force is independent of the cross-sectional area of the conductor loop. This can be easily shown by clipping the aluminium tube that is provided into the loop ( $l = 10 \text{ cm}$ ).



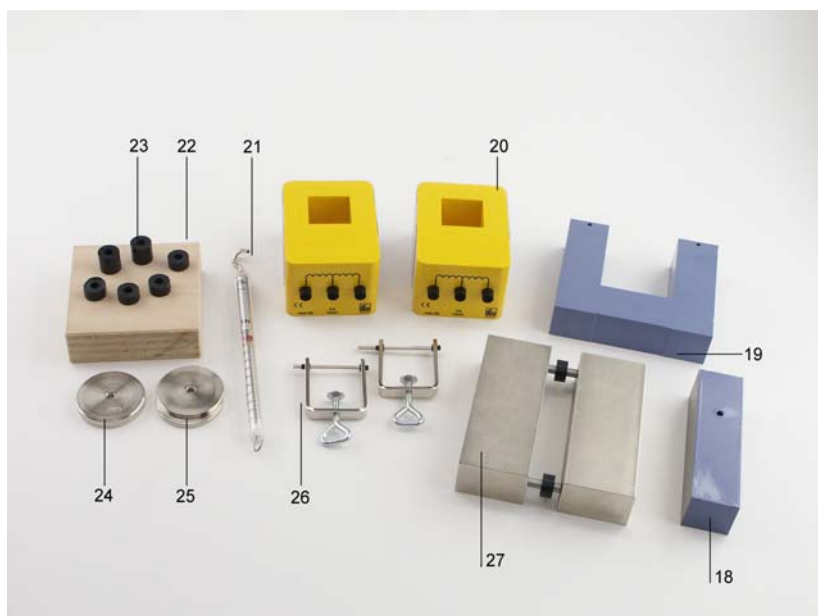
## Balance électrodynamique d'après Langensiepen U8496820

### Instructions d'utilisation

06/09 ERL



- 1 Frein à friction, cylindre
- 2 Glycérine
- 3 Fléau de balance avec aiguille
- 4 Alimentation électrique
- 5 Support
- 6 Masse pivotante
- 7 Aiguille pour réglage du zéro
- 8 Bobine à 5 spires
- 9 Tube en alu
- 10 Étrier électrique
- 11 Masse, 10 g
- 12 Dynamomètre (cf. Accessoires)
- 13 Masse d'entraînement 100 g
- 14 Bouchon en caoutchouc
- 15 Masse d'entraînement 200 g
- 16 Fil en perlon
- 17 Frein à friction (piston)



- 18 Joug
- 19 Noyau de transformateur
- 20 Bobine à 600 spires
- 21 Dynamomètre 0,1 N
- 22 Cale
- 23 Anneaux d'écartement
- 24 Masse, 200 g
- 25 Masse, 100 g
- 26 Bride de serrage
- 27 Garniture de pièce polaire

## 1. Consignes de sécurité

Un emploi conforme garantit un travail en toute sécurité avec tous les composants d'appareils.

Le noyau de transformateur, le joug et la pièce polaire requièrent une manipulation prudente, car leur grande masse peut engendrer des risques de blessure.

En cas d'expériences avec un puissant champ magnétique, n'approchez pas des matières ferromagnétiques du champ, car celles-ci seraient attirées avec une grande force et engendreraient ainsi des risques d'écrasement.

Avant de les mettre en service, vérifiez le bon état des appareils connectés au réseau.

## 2. Description

L'ensemble Balance électrodynamique d'après Langensiepen permet de réaliser des expériences sur l'électrodynamique et la force de Lorentz par la mesure de compensation des forces sur des conducteurs dans le champ magnétique.

## 3. Matériel fourni

- 1 support avec crapaudines en agate pour loger le fléau de la balance
- 1 fléau de balance avec aiguille et fixations pour les conducteurs électriques
  - Alimentation électrique
- 1 jeu d'étriers électriques
- 1 bobine à 5 spires
- 1 aiguille pour la position zéro
- 1 frein à friction hydrodynamique
- 2 lignes de connexion spéciales
- 1 flacon de glycérine (250 ml)
- 2 masses d'entraînement, 100 g et 200 g
- 1 masse pivotante
- 2 masses, 19 g
- 1 bobine de fil de perlon
- 1 mode d'emploi
- 1 noyau de transformateur avec joug et bride de serrage
- 1 garniture de pièce polaire
- 2 masses, 100 g
- 1 masse, 200 g
- 2 bobines à 600 spires
- 1 cale
- 1 dynamomètre 0,1 N
- 10 anneaux d'écartement

## 4. Manipulation

### 4.1 Le puissant champ magnétique

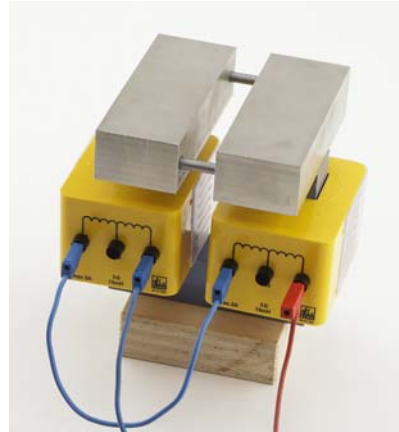


Fig. 1

Le puissant champ magnétique est composé de pièces du transformateur d'expérimentation (1 noyau en U [19], 2 bobines [20]) et de la garniture de pièce polaire (27) selon la fig. 1.

Les câbles de connexion doivent être suffisamment longs pour exclure toute gêne mécanique de la balance électrodynamique pendant l'expérimentation.

Les pièces polaires (27) sont posées sur le noyau (19) sans fixation particulière. Par leur propre poids, elles reposent avec suffisamment de force et, de plus, elles sont retenues par l'excitation du champ. L'écart des pièces polaires de 10, 15 et 20 mm est déterminée par des anneaux d'écartement échangeables (23), qu'il est également possible de combiner à 25, 30, 35 et 45 mm. Le champ entre les pièces polaires est pratiquement homogène.

Comme source de tension pour l'excitation, il est recommandé d'utiliser l'alimentation régulée U33020 (cf. fig. 3). Lors de l'activation et la désactivation du champ, tenez compte de la forte inductance. Aussi ne procédez pas à une mise en ou service en présence d'intensités électriques élevées.

Le tableau suivant contient certaines valeurs de référence sur les densités de flux magnétiques  $B$  qui peuvent être atteintes.

Noyau en U avec 2 bobines à 600 spires. Montage en série.

Écart des pièces polaires	1 cm	2 cm	3 cm
Courant d'excitation	Densité de flux $B$	Densité de flux $B$	Densité de flux $B$
2 A	0,18 T	0,15 T	0,12 T
1 A	0,13 T	0,09 T	0,07 T
0,5 A	0,06 T	0,04 T	0,03 T

## 4.2 La balance électrodynamique

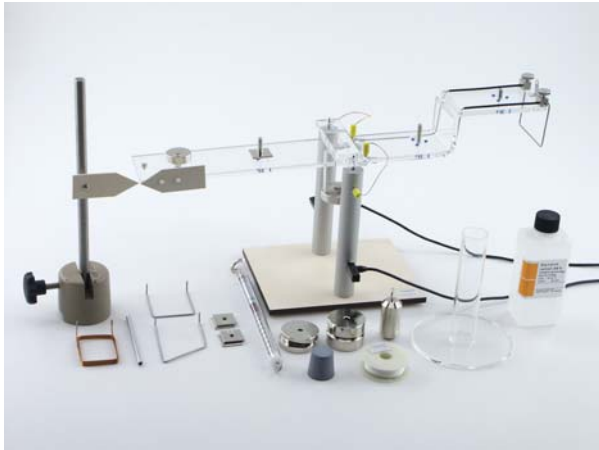


Fig. 2

La balance électrodynamique (fig. 2) est constituée du support (5), du fléau (3), de l'aiguille pour la position zéro (7) et de trois étriers électriques (10) ainsi que d'une bobine à 5 spires (8).

L'alimentation électrique pour les étriers est assurée par le support (charge permanente de l'alimentation 2 A, à court terme jusqu'à 4 A).

Les étriers ont différentes longueurs, un tube en alu (9) peut être fixé dans l'étrier de 10 cm pour augmenter la section du conducteur.

Un étrier étant inséré, la balance doit d'abord être équilibrée mécaniquement. La position zéro est marquée par une aiguille. Le réglage grossier est effectué avec des masses de 10 g (11) qui sont posées sur des pivots de la balance. Le réglage fin est effectué à l'aide de la masse pivotante se trouvant sur le fléau.

## 4.3 Système d'induction



Fig. 3

Le système d'induction (fig. 3) est constitué d'une balance électrodynamique et d'un puissant champ magnétique.

À cela s'ajoute un entraînement qui permet l'entrée et la sortie des étriers électriques (10) dans le champ magnétique pratiquement homogène entre les pièces polaires. Corrélé aux masses (13, 15, 24, 25), le frein à friction permet un mouvement uniforme de descente et de montée des étriers (10) ou de la bobine (8).

Différents anneaux d'écartement (23) entre les pièces polaires engendrent différentes densités de flux magnétiques à des intensités de courant d'excitation identiques.

Il est possible de réaliser des tensions d'induction constantes sur une période s'étendant jusqu'à 30 s, tensions pouvant être mesurées avec un microvoltmètre (U8530501).

## 4.4 Force exercée sur un conducteur sous tension

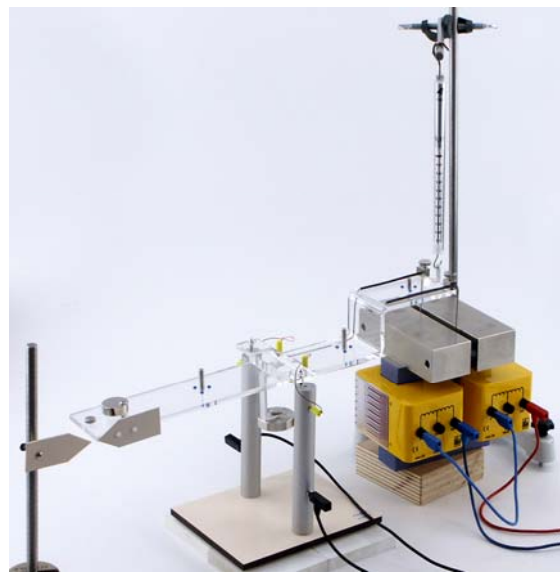


Fig. 4

Dans un premier temps, l'écart entre les pièces polaires doit s'élever à 10 mm. L'étrier étant en place ( $l = 5$  cm), la balance électrodynamique est équilibrée.

Le puissant champ magnétique est activé et un courant continu ( $I = 2$  A) est conduit dans l'étrier (emploi d'un second instrument de mesure).

En soulevant le dynamomètre, on rétablit l'équilibre de la balance électrodynamique.

Si l'on déplace le système de champ (autant que le permet l'étrier), le réglage de la balance électrodynamique ne se modifie pas, le champ magnétique entre les pièces polaires est donc homogène.

Si l'on varie la longueur des étriers et le courant traversant l'étrier, on observe :

$$F \sim I \text{ et } F \sim l, \text{ donc } F \sim I \cdot l$$

Si l'on varie le courant d'excitation du champ ou l'écart des pièces polaires, les forces mesurées auparavant se modifient.

Le facteur de proportionnalité dans l'équation  $F \sim I \cdot l$  peut donc être influencé par des modifications apportées sur le système de champ. Il convient à caractériser l'état du champ.

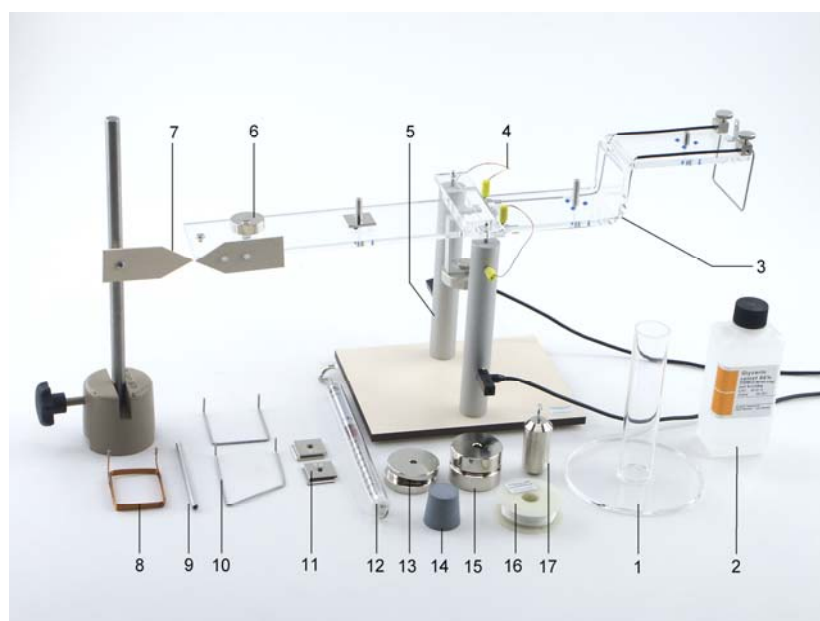
Définition :  $F = B \cdot I \cdot l$  et  $B = \frac{F}{I \cdot l}$ .

La force mesurée est indépendante de la section de l'étrier. Il est aisé de le démontrer en fixant le petit tube dans l'étrier ( $l = 10 \text{ cm}$ ).

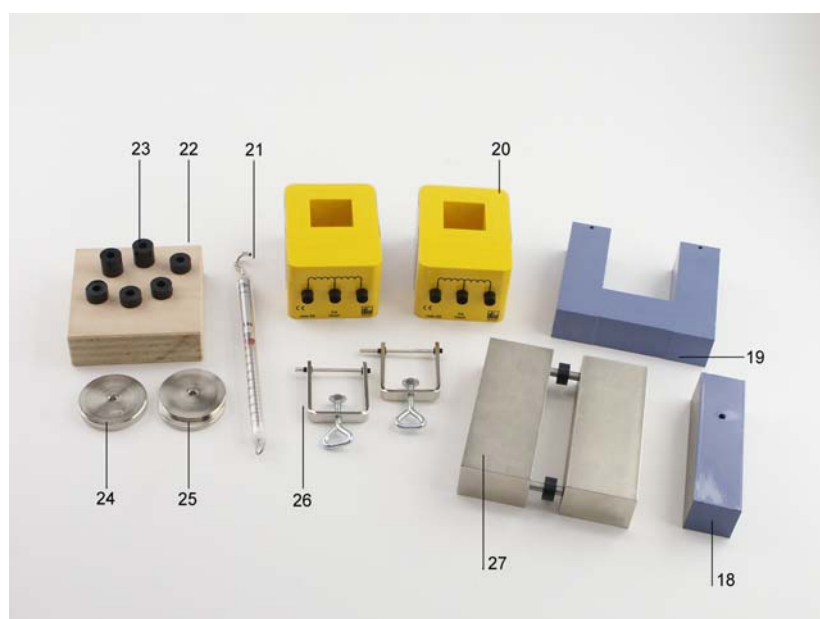
## Bilancia elettrodinamica di Langensiepen U8496820

### Istruzioni per l'uso

06/09 ERL



- 1 Freno a frizione, cilindro
- 2 Glicerina
- 3 Bilanciere con indicatore
- 4 Alimentazione di corrente
- 5 Supporto
- 6 Massa oscillante
- 7 Indicatore per l'azzeramento
- 8 Bobina a 5 spire
- 9 Tubo di alluminio
- 10 Archi conduttori
- 11 Peso da 10 g
- 12 Dinamometro del set di accessori
- 13 Massa condotta da 100 g
- 14 Tappo in gomma
- 15 Massa condotta da 200 g
- 16 Filo in perlon
- 17 Freno a frizione (pistone)



- 18 Giogo
- 19 Nucleo trasformatore
- 20 Bobina a 600 spire
- 21 Dinamometro 0,1 N
- 22 Blocco di fondo
- 23 Anelli distanziatori
- 24 Peso da 200 g
- 25 Peso da 100 g
- 26 Staffe di bloccaggio
- 27 Elemento per espansione polare

## 1. Norme di sicurezza

Un utilizzo conforme garantisce il funzionamento sicuro di tutti i componenti dell'apparecchio.

Il nucleo trasformatore, il giogo e l'elemento per espansione polare richiedono particolare cautela in quanto, per via del loro peso considerevole, comportano il pericolo di lesioni.

Nel corso di esperimenti condotti con un campo magnetico elevato non devono essere avvicinati materiali ferromagnetici perché potrebbero essere attratti con un elevato effetto dinamico, determinando in tal modo un pericolo di schiacciamento.

Per gli apparecchi con attacco di rete occorre verificare prima della messa in funzione che non presentino segni di danni.

## 2. Descrizione

Il set della bilancia elettrodinamica di Langensiepen serve per l'esecuzione di esperimenti di elettrodinamica e forza di Lorentz mediante misurazione della compensazione delle forze sui conduttori nel campo magnetico.

## 3. Fornitura

1 supporto con cuscinetto in agata per il sostegno del bilanciare

1 bilanciare con indicatore e morsettiera per il conduttore di corrente

1 set di archi conduttori

1 bobina a 5 spire

1 indicatore per l'azzeramento

1 freno a frizione idrodinamico

2 cavi di collegamento speciali

1 flacone di glicerina (250 ml)

2 masse condotte da 100 g e 200 g

1 massa oscillante

2 pesi da 19 g

1 rocchetto di filo in perlon

1 manuale d'istruzioni

1 nucleo del trasformatore con giogo e staffa di bloccaggio

1 elemento per espansione polare

2 pesi da 100 g

1 peso da 200 g

2 bobine a 600 spire

1 blocco di fondo

1 dinamometro 0,1 N

10 anelli distanziatori

## 4. Utilizzo

### 4.1 Campo magnetico elevato

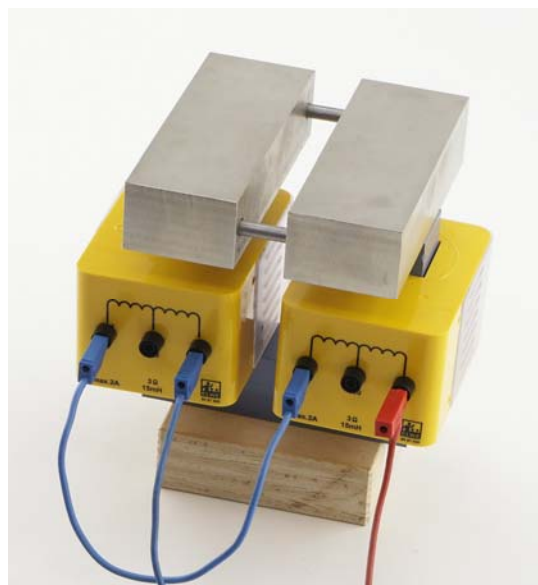


Fig. 1

Il campo magnetico elevato viene realizzato da componenti del trasformatore sperimentale (1 nucleo a U (19), 2 bobine (20)) e dall'elemento per espansione polare (27) come indicato nella Fig. 1.

Il cavo di collegamento deve essere sufficientemente lungo in modo che durante l'esperimento la bilancia elettrodinamica non venga ostacolata meccanicamente.

Le espansioni polari (27) vengono posate sul nucleo (19) senza alcun fissaggio speciale. Grazie al loro peso, infatti, sono abbastanza stabili e all'eccitazione del campo vengono ulteriormente trattenute in posizione. La larghezza della distanza delle espansioni polari di 10, 15 e 20 mm viene determinata da anelli distanziatori intercambiabili (23), che possono essere combinati per ottenere distanze di 25, 30, 35 e 45 mm. Il campo tra le espansioni polari è quasi omogeneo.

Come sorgente di tensione per l'eccitazione si consiglia di utilizzare l'alimentatore regolato U33020 (cfr. Fig. 3). All'attivazione e alla disattivazione del campo occorre tenere conto dell'elevata induttività della disposizione degli elementi, pertanto in presenza di intensità di corrente elevate non spegnere né accendere l'apparecchio.

La tabella seguente riporta alcuni valori indicativi riguardanti la densità di flusso magnetico raggiungibile  $B$ .

Nucleo a U collegato in serie con 2 bobine a 600 spire.

Distanza tra le espansioni polari	1 cm	2 cm	3 cm
Corrente di eccitazione	Densità di flusso $B$	Densità di flusso $B$	Densità di flusso $B$
2 A	0,18 T	0,15 T	0,12 T
1 A	0,13 T	0,09 T	0,07 T
0,5 A	0,06 T	0,04 T	0,03 T

#### 4.2 Bilancia elettrodinamica



Fig. 2

La bilancia elettrodinamica (Fig. 2) è composta da supporto (5), bilanciere (3), indicatore per l'azzeramento (7) e tre archi conduttori a innesto (10), nonché da una bobina a 5 spire. (8).

Attraverso il supporto avviene l'alimentazione di corrente agli archi (carico permanente dell'alimentazione 2 A, di breve durata fino a 4 A).

Gli archi conduttori hanno lunghezze diverse, un tubo di alluminio (9) può essere fissato all'arco di 10 cm per aumentare la sezione del conduttore.

Dopo aver montato un arco, occorre innanzi tutto porre la bilancia meccanicamente in equilibrio. La posizione zero è indicata da un indicatore. La macroregolazione è effettuata con il peso da 10g (11), che viene posato sui perni previsti sulla bilancia. Per la microregolazione si usa il peso oscillante situato sul bilanciere.

#### 4.3 Disposizione induttiva



Fig. 3

La disposizione per gli esperimenti sull'induzione (Fig.3) comporta una bilancia elettrodinamica e un campo magnetico elevato.

A tale struttura si aggiunge un azionamento che consente l'ingresso e l'uscita degli archi conduttori (10) nel campo magnetico quasi omogeneo tra le espansioni polari. Il freno a frizione, insieme ai pesi utilizzati (13, 15, 24, 25), consente un movimento uniforme in avanti o indietro dell'arco conduttore (10) o della bobina (8).

Diversi anelli distanziatori (23) tra le espansioni polari creano diverse intensità di flusso magnetico in presenza della medesima intensità di corrente di eccitazione.

In un intervallo di tempo fino a 30 s è possibile realizzare diverse tensioni di induzione, che possono essere misurate con un microvoltmetro (U8530501).

#### 4.4 Forza esercitata su un conduttore attraversato da corrente

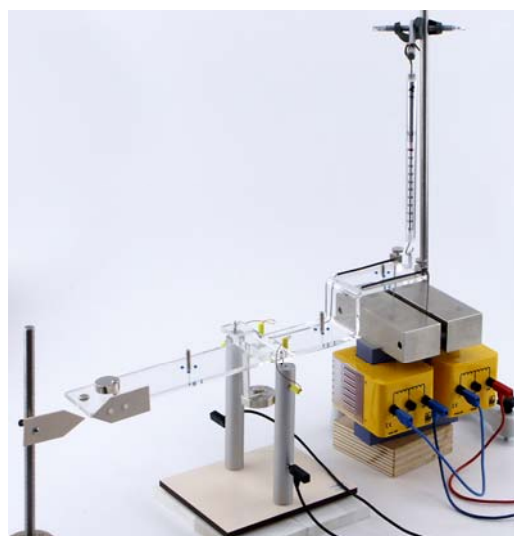


Fig. 4

Inizialmente la distanza tra le espansioni polari deve essere di 10 mm. Con l'arco montato ( $l = 5$  cm), la bilancia viene portata in equilibrio.

Viene attivato il campo magnetico elevato e nell'arco viene condotta una corrente continua ( $I = 2$  A) (utilizzo di un secondo apparecchio di misura).

Sollevando il dinamometro viene ripristinato l'equilibrio della bilancia elettrodinamica.

Se si sposta la disposizione del campo (nella misura in cui l'arco lo consente), l'impostazione della bilancia elettrodinamica non cambia, il che significa che il campo magnetico tra le espansioni polari è omogeneo.

Se si modifica la lunghezza dell'arco e la corrente che lo attraversa si ha:

$$F \sim l \text{ e } F \sim I, \text{ ossia } F \sim I \cdot l$$

Se si modifica la corrente dell'eccitatore del campo o la distanza delle espansioni polari, cambia anche il valore della forza misurato precedentemente.

Il fattore di proporzionalità nella relazione  $F \sim I \cdot l$  può essere influenzato da modifiche della disposizione del campo. È pertanto adatto alla caratterizzazione dello stato del campo.

Definizione:  $F = B \cdot I \cdot l$  o  $B = \frac{F}{I \cdot l}$

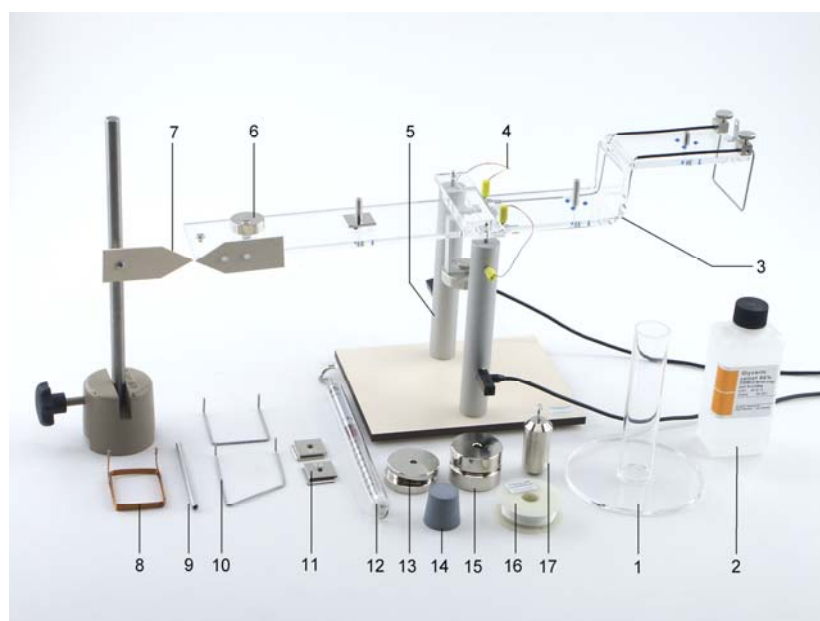
La forza misurata non dipende dalla sezione dell'arco. Ciò è dimostrabile schiacciando il tubicino contenuto nell'arco ( $l = 10$  cm).



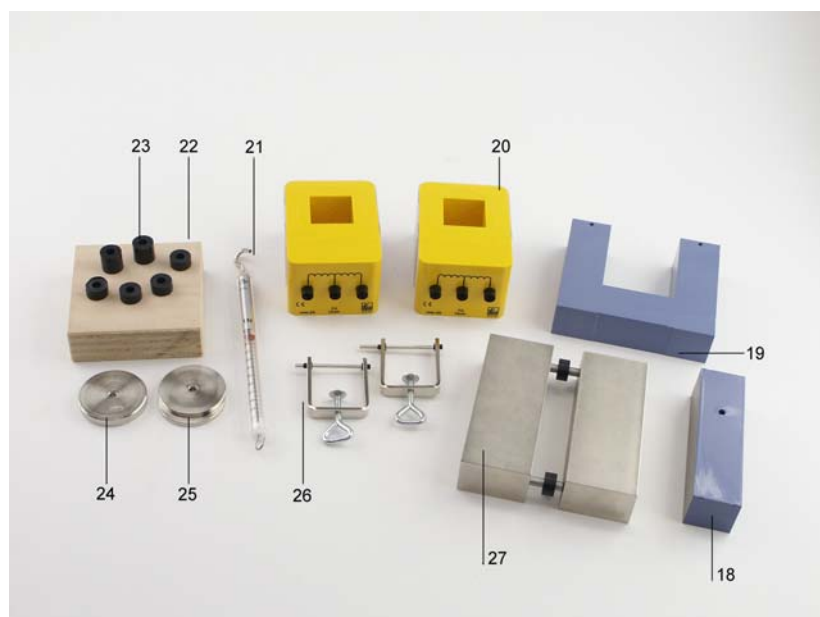
## Balanza de corriente según Langensiepen U8496820

### Instrucciones de uso

06/09 ERL



- 1 Freno por fricción, Cilindro
- 2 Glicerina
- 3 Brazo de balanza con índice
- 4 Entrada de corriente
- 5 Soporte con columnas
- 6 Masa desplazable
- 7 Índice para el ajuste del cero
- 8 Bobina, 5 espiras
- 9 Tubo de aluminio
- 10 Arco para corriente
- 11 Masa, 10 g
- 12 Dinamómetro del juego de accesorios
- 13 Masa de accionamiento 100 g
- 14 Tapón de goma
- 15 Masa de accionamiento 200 g
- 16 Hilo de perlón
- 17 Freno por fricción (Émbolo)



- 18 Yugo
- 19 Núcleo de transformador
- 20 Bobina, 600 espiras
- 21 Dinamómetro 0,1 N
- 22 Bloque de calzar
- 23 Anillos distanciadores
- 24 Masa 200 g
- 25 Masa 100 g
- 26 Arco tensor
- 27 Pieza polar

## 1. Advertencias de seguridad

En caso de un uso apropiado se garantiza el trabajo seguro con todas las componentes del sistema de aparatos.

El núcleo del transformador, el yugo y las piezas polares requieren un trabajo con cuidado, porque por su gran masa se corre el peligro de ser lesionado.

Al experimentar con campos magnéticos fuertes no se deben acercar materiales ferromagnéticos, porque éstos pueden ser atraídos con gran fuerza y se tiene el peligro de lesiones por aplaste.

Los aparatos con conexión a la red deben ser revisados, en caso de antes de ser puestos en funcionamiento.

## 2. Descripción

El juego de aparatos “Balanza de corriente según Langensiepen” sirve para la realización de experimentos de la electrodinámica y de la fuerza de Lorentz por medio de la compensación de las fuerzas que experimenta un conductor en un campo magnético

## 3. Volumen de entrega

- 1 Soporte de columnas con fulcros de apoyo de ágata para la colocación del brazo de balanza
- 1 Brazo de balanza con índice y bornas de apriete para la entrada de la corriente
- 1 Arco para corriente
- 1 Bobina, 5 espiras
- 1 Índice para el ajuste del cero
- 1 Freno de fricción hidrodinámico
- 2 Cables de conexión especiales
- 1 Frasco con glicerina (250 ml)
- 2 Masas de accionamiento, 100 g y 200 g
- 1 Masa desplazable
- 2 Masa, 19 g
- 1 Rollo de hilo de perlón
- 1 Instrucciones de uso
- 1 Núcleo de transformador con yugo y arco tensor
- 1 Piezas polares
- 2 Masas 100 g
- 1 Masa 200 g
- 2 Bobina 600 espiras
- 1 Bloque de calzar
- 1 Dinamómetro 0,1 N
- 10 Anillos distanciadores

## 4. Manejo

### 4.1 El campo magnético fuerte

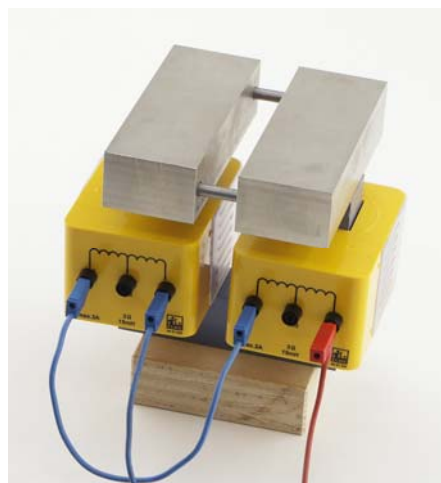


Fig. 1

El campo magnético fuerte se monta con partes del transformador de experimentación: 1 núcleo en U (19), 2 bobinas (20) y las piezas polares (27) siguiendo la Fig. 1.

Los cables de conexión deben ser seleccionados lo suficientemente largos para que no pongan obstáculos mecánicos al experimentar con la balanza de corriente.

Las piezas polares (27) se colocan sobre el núcleo (19) sin ninguna fijación especial. Por su propio peso se encuentran lo suficientemente fijas y por la excitación del campo se encuentran sujetas adicionalmente. El ancho del entrehierro de las piezas polares de 10, 15 y 20 mm se determina por anillos distanciadores (23) los cuales se pueden combinar hasta 25, 30, 35 y 45 mm. El campo entre las piezas polares es lo suficientemente homogéneo.

Como fuente de alimentación para la excitación del campo se recomienda el aparato U33020 (ver. Fig. 3). Al conectar y desconectar el campo se debe tener en cuenta la alta inductividad del montaje, por ello no se debe conectar y desconectar teniendo altas corrientes.

La siguiente tabla lleva unos valores orientativos de las densidades de flujo magnéticos  $B$  que se pueden lograr.

Núcleo en U con 2 bobinas de 600 espiras conectadas en serie.

Distancia entre hierros	1 cm	2 cm	3 cm
Corriente	Densidad de campo $B$	Densidad de campo $B$	Densidad de campo $B$
2 A	0,18 T	0,15 T	0,12 T
1 A	0,13 T	0,09 T	0,07 T
0,5 A	0,06 T	0,04 T	0,03 T

## 4.2 La balanza de corriente



Fig. 2

La balanza de corriente (Fig. 2) se compone del soporte de columnas (5), del brazo de balanza (3), del índice para ajuste del cero (7) y de tres arcos para corriente (10) a ser sujetados así como de una bobina de 5 espiras (8).

Por medio del soporte con columnas se realiza la entrada de la corriente para los arcos (2 A de carga permanente de la entrada de corriente; 4 A por corto tiempo).

Los arcos de corriente tienen diferentes longitudes, un tubo de aluminio (9) se puede agregar alrededor del arco del 10 cm, para aumentar la sección del conductor.

Después de colocar un arco es necesario realizar un equilibrio mecánico de la balanza. La posición se marca con un índice de ajuste. El ajuste burdo se efectúa con pesas de 10 g (11), que se colocan sobre la balanza en las espigas previstas. El ajuste fino se realiza con la masa de deslizamiento, que se encuentra sobre el brazo de la balanza.

## 4.3 El montaje para inducción



Fig. 3

El montaje para inducción (Fig. 3) se compone de una balanza de corriente y un campo magnético fuerte.

Y además de un sistema de accionamiento, que hace que el arco de corriente (10) entre y salga del campo magnético lo suficientemente homogéneo entre las piezas polares. El freno de fricción, trabajando en conjunto con las masas (13, 15, 24, 25) hace posible un movimiento uniforme de subida y bajada del arco de corriente (10) o de la bobina (8).

Diferentes anillos distanciadores (23) entre las piezas polares dan por resultado diferentes densidades de flujo magnético con una intensidad de corriente constante.

Se pueden realizar tensiones de inducción constantes en un intervalo de tiempo de hasta 30 s, las cuales se pueden medir con un microvoltímetro.

## 4.4 Fuerza sobre un conductor que lleva corriente

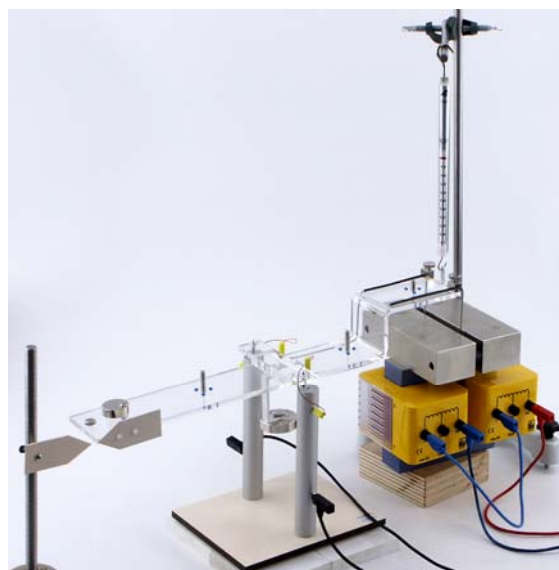


Fig. 4

La distancia entre las piezas polares debe ser al principio de 10 mm. Con el arco utilizado ( $l = 5$  cm) se lleva la balanza al equilibrio.

Se conecta el campo magnético fuerte y se pasa una corriente continua ( $I = 2$  A) por el arco (se utiliza un segundo aparato de medida).

Elevando el dinamómetro se retorna la balanza de corriente al equilibrio mecánico. Si se desplaza el montaje para el campo magnético (hasta cuando el arco lo permita), no cambia el ajuste de la balanza de corriente; el campo entre las piezas polares es homogéneo.

Si se varía la longitud del arco la corriente que fluye por él, se observa que la fuerza  $F$ :

$$F \sim I \text{ y } F \sim l, \text{ also } F \sim I \cdot l$$

Si se varía la corriente de excitación del campo o la distancia entre las piezas polares, los valores de fuerza medidos previamente cambian.

Se puede intervenir sobre el factor de proporcionalidad en la relación  $F \sim I \cdot l$  cambiando el montaje para el campo magnético. Éste es apropiado

para caracterizar el estado del campo.

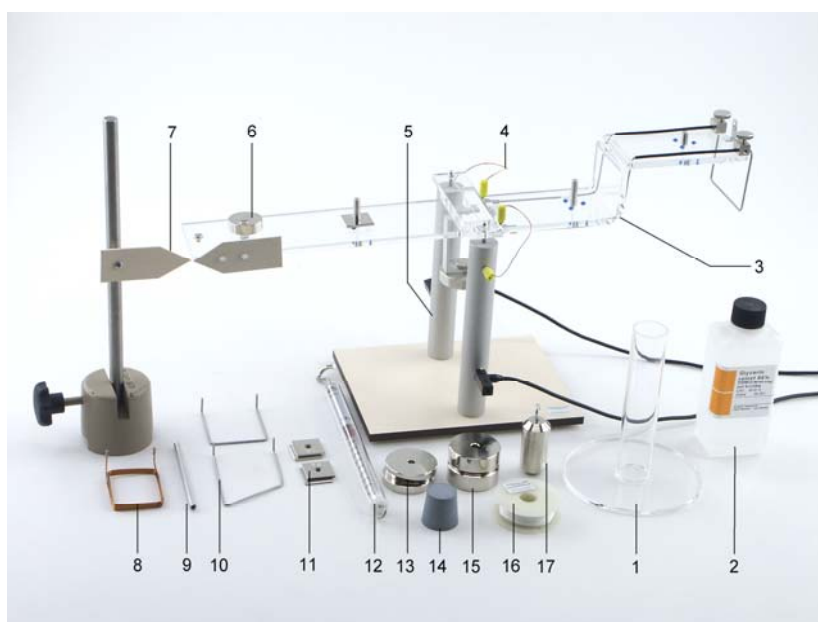
Definición:  $F = B \cdot I \cdot l$  resp.  $B = \frac{F}{I \cdot l}$

La fuerza medida es independiente de la sección del arco. Esto se puede mostrar sencillamente, deslizando alrededor del arco ( $l = 10$  cm) el tubo de aluminio contenido en el sistema

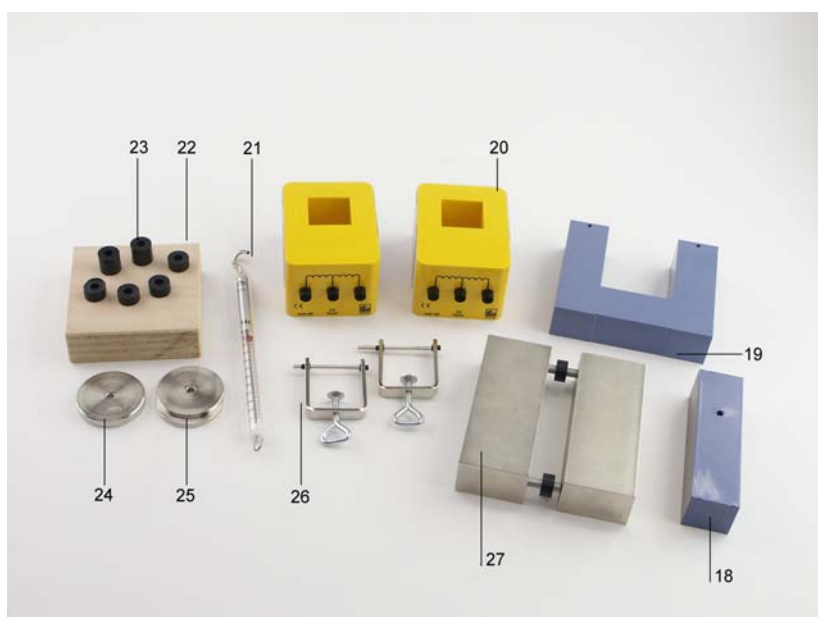
## Balança eletrodinâmica de Langensiepen U8496820

### Manual de instruções

06/09 ERL



- 1 Freio de limpeza, cilindro
- 2 Glicerina
- 3 Viga de balança com mostrador
- 4 Condutor de energia
- 5 Pilares
- 6 Peça de balanço de massa
- 7 Mostrador para a posição inicial
- 8 Bobina com 8 espiras
- 9 Cano de alumínio
- 10 Haste de corrente elétrica
- 11 Peça de massa, 10 gr
- 12 Dinamômetro do conjunto de acessórios
- 13 Massa de acionamento 100 gr
- 14 Rolha de borracha
- 15 Massa de acionamento 200 gr
- 16 Fibra sintética
- 17 Freio de fricção (Pistão)



- 18 Canga
- 19 Núcleo de transformador
- 20 Bobina, 600 espiras
- 21 Dinamômetro 0,1 N
- 22 Calço de madeira
- 23 Anéis distânciadores
- 24 Peça de massa 200 gr
- 25 Peça de massa 100 gr
- 26 Esticador
- 27 Base de pólo

## 1. Instruções de segurança

Em uma utilização de acordo com as instruções garante-se um trabalho seguro com todos os componentes do aparelho.

Núcleo de transformador, canga e bases de pólo exigem um cuidado no manuseio, uma vez que devido á sua grande massa pode existir perigo de ferimento.

Em experimentos com campos magnéticos fortes não se deve aproximar objetos ferromagnéticos, uma vez que estes são atraídos com força e podem trazer perigo de esmagamento.

Aparelhos que se conectem á rede elétrica devem ser verificados contra danos antes de serem ligados.

## 2. Descrição

A Balança eletrodinâmica de Langensiepen serve para conduzir experimentos para a eletrodinâmica e força de Lorentz através de medidas compensatórias das forças em condutores no campo magnético.

## 3. Fornecimento

- 1 Suporte com depósitos de painéis de ágata para recepção das vigas de balança
- 1 Viga de balança com mostrador e presilhas para a condução da corrente elétrica
- 1 Conjunto de hastes de corrente elétrica
- 1 Bobina, 5 espiras
- 1 Mostrador para a posição zero
- 1 Freio de fricção hidrodinâmico
- 2 Conexão especial de condução
- 1 Garrafa de glicerina (250 ml)
- 2 Massa de aceleração, 100 gr e 200 gr
- 1 Peça de balanço de massa
- 2 Peça de massa, 19 gr
- 1 Rolo de corda de fibra sintética
- 1 Manual de instruções
- 1 Núcleo de transformador com canga e esticador
- 1 Base de pólo
- 2 Peça de massa 100 gr
- 1 Peça de massa 200 gr
- 2 Bobina com 600 espiras
- 1 Calço de madeira
- 1 Dinamômetro 0,1 N
- 10 Anéis distânciadores

## 4. Operação

### 4.1 O forte campo magnético

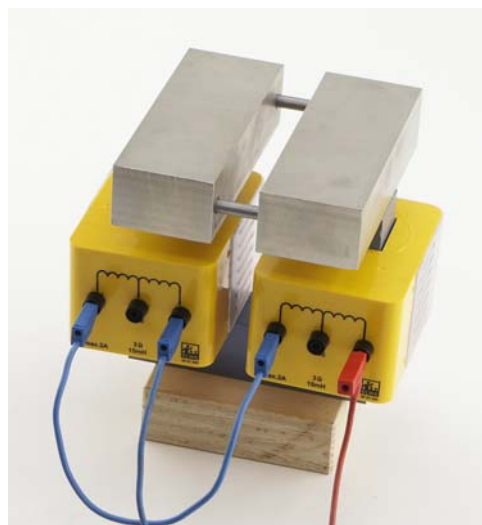


Fig. 1

O forte campo magnético montado através de peças do transformador de experiência (1 núcleo em U (19), 2 bobinas (20) e a base de pólo (27) conforme a Fig. 1.

Os cabos conectores devem ser suficientemente compridos, para que durante a experiência não ocorra nenhum impedimento mecânico da balança eletrodinâmica.

As bases de pólo (27) são colocadas sobre o núcleo (19) sem nenhuma fixação adicional. Elas estão estáveis pelo próprio peso e são presas adicionalmente ao se agitar o objeto. A largura das bases de pólo de 10, 15 e 20 mm é determinada por anéis distânciadores (23) e que podem ser substituídos e combinados com 25, 30, 35 e 45 mm. O campo entre as bases de pólo é homogêneo.

Como fonte de tensão para a agitação indica-se a fonte de alimentação U33020 (Fig. 3). Ao se ligar e desligar o campo deve ser observada a alta indução da ordenação, por isso não deve ser ligado ou desligado em altas correntes elétricas.

A tabela seguinte contém alguns valores indicativos das densidades dos fluidos  $B$  magnéticos.

Núcleo em U com 2 bobinas com 600 espiras. Ligadas em série.

Distância da base de pólos	1 cm	2 cm	3 cm
Energia	Densidade do fluxo $B$	Densidade do fluxo $B$	Densidade do fluxo $B$
2 A	0,18 T	0,15 T	0,12 T
1 A	0,13 T	0,09 T	0,07 T
0,5 A	0,06 T	0,04 T	0,03 T

## 4.2 A balança eletrodinâmica



Fig. 2

A balança eletrodinâmica (Fig. 2) é constituída pelos pilares (5), as vigas de balança (3), o mostrador da posição inicial (7) e três vigas de balança com presilhas (10), bem como uma bobina com 5 espiras (8).

Sobre o pilar ocorre a transmissão da corrente elétrica para a viga (A corrente constante de 2 A, com curto prazo de até 4 A).

As vigas de corrente têm comprimentos diferentes, um cano de alumínio (9) pode ser acoplado na viga de 10 cm para aumentar o corte transversal de condução.

Depois de se posicionar uma viga a balança precisa ser equilibrada mecanicamente. O ponto de equilíbrio é indicado por um marcador. O ajuste geral/bruto é realizado através das peças de massa de 10gr (11), que são colocadas nos pinos preexistentes na balança. O ajuste fino é realizado através da massa pendular nas vigas de balança.

## 4.3 A ordem de indução



Fig. 3

A ordem de indução (Fig. 3) é constituída de uma balança eletrodinâmica e um forte campo magnético. Inclui-se um motor que permite a entrada e Saída da corrente na viga (10) no campo magnético homogêneo

entre as bases de pólo. O freio de fricção em conjunto com as peças de massa colocadas (13, 15, 24, 25) colocadas sobre o aparelho permite uma movimentação para cima homogênea da viga de corrente elétrica (10) ou da bobina (8).

Anéis distânciadores diferenciados (23) entre as bases de pólo desenvolvem diferentes densidades de fluidos magnéticos em correntes de força iguais.

Em um período de 30seg. podem ser realizadas tensões de indução constantes, que podem ser medidos por um microvoltímetro (U8530501).

## 4.4 Força num condutor de energia

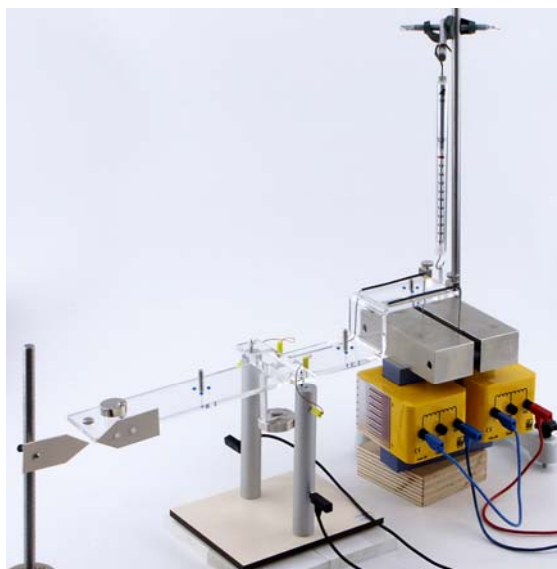


Fig. 4

A distância da base de pólo deve ter 10 mm. Quando se coloca a viga ( $l = 5$  cm) a balança eletrodinâmica é colocada em equilíbrio.

O forte campo magnético é ligado e uma corrente elétrica uniforme ( $I = 2$  A) é introduzida através da viga (utilização de um segundo aparelho medidor).

Ao se elevar o dinamômetro a balança eletromagnética é recolocada em equilíbrio.

Redireciona-se a ordem do campo (o quanto é permitido pela viga), o ajuste da balança eletromagnética não é modificado, portanto o campo magnético entre as bases de pólo é homogêneo.

Ao variarmos o comprimento da viga e a energia nele fluindo, tem-se:

$$F \sim l \text{ e } F \sim I, \text{ logo } F \sim I \cdot l$$

Se variarmos a energia do campo ou a distância entre a base dos pólos, modificam-se as medidas de força anteriores.

O fator de proporcionalidade na relação  $F \sim I \cdot l$  pode ser influenciado pela modificação na ordem do campo. Ele serve para caracterizar a condição do campo.

Definição:  $F = B \cdot l \cdot l$  isto é  $B = \frac{F}{l \cdot l}$ .

A força medida é independente da diagonal da viga. Isto pode ser demonstrado facilmente, ao se prender na viga ( $l = 10$  cm) o caninho.