

# PHYSIK 12

# PRAKTIKUM



# PHYSIK

---

**Praktikum für Klasse 12**

---



**Volk und Wissen  
Volkseigener Verlag  
Berlin · 1974**

**Autor: Helmut Penzel**  
**Redaktion: Werner Golm · Günter Meyer**

**Vom Ministerium für Volksbildung  
der Deutschen Demokratischen Republik  
als Schulbuch bestätigt**

**3. Auflage**

**Ausgabe 1970**

**Lizenz-Nr. 203 · 1000/73 (UN)**

**LSV-Nr. 1001**

**Umschlag: Manfred Behrendt**

**Technische Illustrationen: Ingrid Schäfer**

**Printed in the German Democratic Republic**

**Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 582 Bad Langensalza**

**Schrift: Petit Didot Antiqua**

**Redaktionsschluß; 5. 12. 1973**

**Bestell-Nr. 7303834**

**Schulpreis DDR: 0,60**

## Hinweise zum physikalischen Praktikum

Die Anleitungen zu den Praktikumsversuchen sind für Sie so abgefaßt, daß Ihnen bei der Lösung Ihrer Aufgaben maximale Hilfe zuteil wird. Allen Anleitungen liegt ein gleiches Schema zugrunde. Es beginnt mit der **Aufgabenstellung**. In den **Vorbetrachtungen** werden Sie entweder durch Problemfragen oder durch Wegleitungen in die physikalische Theorie des betreffenden Versuches eingeführt. Mitunter werden Sie aufgefordert, vor der Ausführung des Experimentes erst noch einen bestimmten Abschnitt des Lehrbuches oder Ihrer Nachschriften zu wiederholen. Studieren Sie den betreffenden Abschnitt sehr gründlich und beantworten Sie vor der Durchführung des Versuches die gestellten Fragen. Legen Sie Ihrem Lehrer die Antworten zur Kontrolle vor. Er kann daran prüfen, ob Sie für den betreffenden Versuch so vorbereitet sind, daß Sie ihn möglichst selbständig ausführen können.

Überzeugen Sie sich dann an Ihrem Arbeitsplatz, ob alle **Geräte und Hilfsmittel** in einwandfreiem Zustand vorliegen. Die Meßgeräte unterziehen Sie erst einer Funktionsprobe. Bauen Sie die **Versuchsordnung** übersichtlich auf. Halten Sie sich dabei an die in der Skizze angegebene räumliche Verteilung. Sie erleichtern sich selbst und dem Lehrer die notwendige Kontrolle. Die Reihenfolge in den **Versuchsunterweisungen** ist so gewählt, daß ein sicherer Versuchsablauf in der zur Verfügung stehenden Zeit gewährleistet ist. An den entsprechenden Stellen werden Sie aufgefordert, Meßwerte in das zu Hause vorbereitete **Meßprotokoll** einzutragen. Das Vergessen von Eintragungen kann unter Umständen die Auswertung eines Versuches in Frage stellen. Die Tabellen im vorliegenden Heft dienen Ihnen dabei als Muster.

Ist die Versuchsreihe abgeschlossen, lassen Sie sich Ihr Meßprotokoll vom Lehrer testieren. Sie müssen bestrebt sein, jeden Versuch bis zum Testat in der vorgegebenen Zeit fertigzustellen, da die Versuchsordnung nicht über längere Zeit speziell für Sie aufgebaut bleiben kann. Außerdem können sich in der Zwischenzeit verschiedene Parameter verändern.

Die **Auswertung** erfolgt im allgemeinen als Hausaufgabe. Grafische Darstellungen werden nur auf Millimeterpapier gezeichnet. Vor dem Abbauen des Versuches müssen Sie die Hinweise für die **Fehlerbetrachtung** studieren. Von bestimmten Meßwerten benötigen Sie eine Abschätzung des absoluten Fehlers. Zur Berechnung des Fehlers des Meßergebnisses sind genügend Hilfen gegeben.

# Inhaltsverzeichnis

Messung der Radialkraft . . . . .	5
Bestimmung von Trägheitsmomenten . . . . .	9
Aufnahme der Entladungskurve von Kondensatoren . . . . .	12
Bestimmung der Horizontalintensität der magnetischen Feldstärke . . . . .	15
Versuche zum Induktionsgesetz . . . . .	17
Aufnahme von Widerstandscharakteristiken . . . . .	19
Bestimmung des Wirkungsgrades bei der Umwandlung elektrischer Energie in Wärme . . . . .	23
Versuche mit dem Katodenstrahloszillografen . . . . .	27
Funktionsweise eines Reglers . . . . .	30

**Aufgabe**

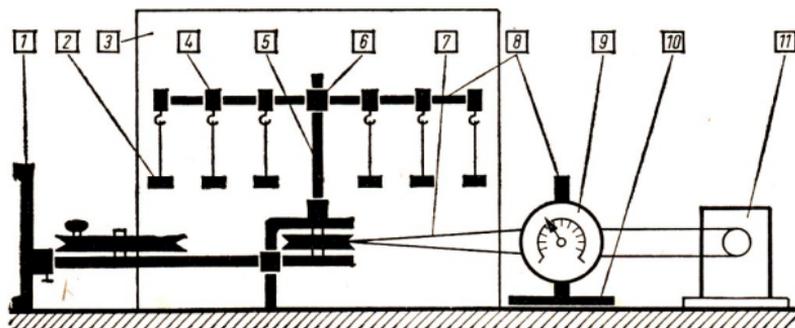
Untersuchen Sie, wie die Radialkraft vom Radius und von der Winkelgeschwindigkeit abhängt!

**Vorbetrachtungen**

1. Ein Körper, der an einem Dreharm hängt, wird während der Drehbewegung durch die Zentrifugalkraft nach außen gezogen. Will man das verhindern, muß man eine gleichgroße Gegenkraft, die Radialkraft, aufwenden. Der Körper behielte dann seinen Abstand vom Drehpunkt bei. Bestimmt man experimentell den Betrag der Zentrifugalkraft, kennt man auch den Betrag der Radialkraft.
2. Während der Drehbewegung wird der angehängte Körper um den Winkel  $\alpha$  gegenüber der Lotrechten ausgelenkt. Mißt man diesen Winkel und die Gewichtskraft des Körpers, so kann man damit die Fliehkraft berechnen. Konstruieren Sie das Kräfteparallelogramm und stellen Sie die Beziehung zur Fliehkraftberechnung auf!
3. Den Winkel  $\alpha$  mißt man während der Bewegung durch Projektion des Dreharmes und des Körpers auf einen Auffangschirm. Bei dieser Methode kann man nur mit kleineren Drehzahlen arbeiten.
4. Die Drehzahlen mißt man sehr einfach mit dem Drehzahlmesser. Man kommt bei diesem Versuch mit relativen Drehzahlangaben aus.

**Geräte und Hilfsmittel**

- 1 Schwungmaschine ohne Riementrieb
- 2 Sechs Körper gleicher Masse
- 3 Auffangschirm  
(Zeichenkarton A3)
- 4 Sechs Ringe mit Haken
- 5 Stativstab 250 mm
- 6 Kreuzmuffe
- 7 Riementrieb
- 8 Zwei Stativstäbe 500 mm
- 9 Drehzahlmesser
- 10 V-Fuß
- 11 Antriebsmotor mit  
Vorschaltwiderstand
- 12 Projektionsapparat
- 13 Lineal
- 14 Winkelmesser



## Versuchsaufbau

### Versuchsunterweisung

1. Bauen Sie die Geräte nach der Versuchsanordnung auf. Hängen Sie auf jede Seite des Dreharmes drei Körper gleicher Masse in den Abständen 1:2:3 an gleich lange Fäden. (Protokoll)

#### Hinweis!

Die Länge der Fäden nicht zu groß wählen! Warum?

2. Lassen Sie die Apparatur zunächst probeweise laufen, damit Sie sich im Zeichnen der Winkel  $\alpha$  üben und um herauszufinden, mit welchen Drehzahlen Sie arbeiten können. Nach Möglichkeit sollen diese ebenfalls etwa im Verhältnis 1:2:3 stehen. (Protokoll)
3. Führen Sie die Versuchsreihe aus, indem Sie mit Bleistift und Lineal den Schattenwurf der ruhenden Körper und der in Bewegung befindlichen Körper aufzeichnen und die Winkel ausmessen. (Protokoll)

#### Hinweis!

Beginnen Sie mit der höchsten Drehzahl!

Führen Sie alle Messungen mehrere Male aus!

### Antwort zu den Vorbetrachtungen

2.

Meßprotokoll:  $G_1 = G_2 = G_3 = \dots$

$n_I$ in $s^{-1}$		$\omega_I$ in $s^{-1}$		$r_1$ in cm	
$n_{II}$ in $s^{-1}$		$\omega_{II}$ in $s^{-1}$		$r_2$ in cm	
$n_{III}$ in $s^{-1}$		$\omega_{III}$ in $s^{-1}$		$r_3$ in cm	

$\alpha_{I 1}$	$\alpha_{I 2}$	$\alpha_{I 3}$	$\alpha_{II 1}$	$\alpha_{II 2}$	$\alpha_{II 3}$
$\bar{\alpha}_{I 1} =$	$\bar{\alpha}_{I 2} =$	$\bar{\alpha}_{I 3} =$	$\bar{\alpha}_{II 1} =$	$\bar{\alpha}_{II 2} =$	$\bar{\alpha}_{II 3} =$

$\alpha_{III 1}$	$\alpha_{III 2}$	$\alpha_{III 3}$
$\bar{\alpha}_{III 1} =$	$\bar{\alpha}_{III 2} =$	$\bar{\alpha}_{III 3} =$

### Versuchsauswertung

1. Berechnen Sie die Radialkräfte!
2. Bilden Sie das Verhältnis der drei Radialkräfte für konstante Winkelgeschwindigkeit! Formulieren Sie das Ergebnis!
3. Bilden Sie das Verhältnis der Radialkräfte, die auf einen Körper wirken, wenn verschiedene Winkelgeschwindigkeiten vorliegen! Formulieren Sie das Ergebnis!
4. Welche Fehler treten bei den Messungen auf und welchen Einfluß nehmen sie?

### Ergebnisse

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

## Aufgabe

Bestimmen Sie das Trägheitsmoment eines Probekörpers mit Hilfe von Torsionsschwingungen!

## Vorbetrachtungen

1. Bei Torsionsschwingungen errechnet man die Schwingungsdauer  $T$  nach der Beziehung  $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D}}$  (1), wobei  $J$  das Trägheitsmoment des Probekörpers und  $D$  das Direktionsmoment des Torsionsfadens sind.

Vergleichen Sie diese Gesetzmäßigkeit mit der Schwingungsdauer eines Feder-schwingers und führen Sie eine Analogiebetrachtung der einander entsprechenden Größen durch!

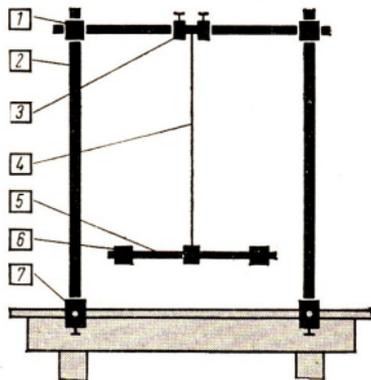
2. Zur Bestimmung des Trägheitsmomentes  $J$  aus Torsionsschwingungen braucht man das Direktionsmoment nicht zu kennen. Vergrößert man die Masse des Probekörpers durch zwei Zusatzmassen (je  $0,5\text{ m}$ ) im gleichen Abstand  $r$  von der Drehachse, so vergrößert sich das Trägheitsmoment um  $J_z = m \cdot r^2$  (2). Die

Schwingungsdauer wird jetzt  $T' = 2\pi \sqrt{\frac{J + J_z}{D}}$  (3). Dividiert man (3) durch (1), so erhält man  $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{J + J_z}{J}}$  und daraus  $J = J_z \cdot \frac{T^2}{T'^2 - T^2}$  (4).

## Geräte und Hilfsmittel

- 1 Fünf Kreuzmuffen
- 2 drei Stativstäbe 500 mm
- 3 zwei Ringe mit Haken
- 4 Torsionsdraht
- 5 Stativstab 250 mm
- 6 zwei Kreuzmuffen
- 7 zwei Tischklemmen
- 8 Stoppuhr
- 9 Lineal

## Versuchsaufbau



## Versuchsunterweisung

1. Aufbau der Versuchseinrichtung
2. Bestimmen Sie die Schwingungsdauer des Probekörpers aus mindestens 10 Schwingungen! (Protokoll)
3. Bringen Sie beide Zusatzmassen (je  $0,5 m_1$ ) (2 Kreuzmuffen) im gleichen Abstand  $r_1$  von der Drehachse an! (Protokoll)
4. Bestimmen Sie die Schwingungsdauer  $T'_1$ ! (Protokoll)
5. Bringen Sie andere Zusatzmassen (4 Kreuzmuffen) im gleichen Abstand  $r_1$  an und bestimmen Sie die Schwingungsdauer  $T'_2$ ! (Protokoll)
6. Bringen Sie die Zusatzmassen aus 3 in einem anderen Abstand  $r_2$  an und messen Sie die Schwingungsdauer  $T'_3$ ! (Protokoll)

## Antworten zu den Vorbetrachtungen

1.

### Meßprotokoll

Zu 2

$n$	$t$ in s	$T$ in s	$\Delta T$ in s
		$\bar{T} =$	$\Delta \bar{T} =$

Zu 3. u. 4

$n$	$t$ in s	$T'_1$ in s	$\Delta T'_1$ in s
		$\bar{T}'_1 =$	$\Delta \bar{T}'_1 =$

$m_1 =$

$r_1 =$

$J_2 =$

$J =$

Zu 5

$n$	$t$ in s	$T'_2$ in s	$\Delta T'_2$ in s
		$\bar{T}'_2 =$	$\Delta \bar{T}'_2 =$

$$m_2 =$$

$$r_1 =$$

$$J_z =$$

$$J =$$


---

Zu 6

$n$	$t$ in s	$T'_3$ in s	$\Delta T'_3$ in s
		$\bar{T}'_3 =$	$\Delta \bar{T}'_3 =$

$$m_1 =$$

$$r_2 =$$

$$J_z =$$

$$J =$$


---

### Versuchsauswertung

1. Berechnung des Trägheitsmomentes und Vergleich der drei Ergebnisse.
2. Fehlerbetrachtung
  - 2.1. Schätzen Sie die absoluten Fehler der Zusatzmassen und deren Abstände!

$$\Delta m_1 = \Delta m_2 = \pm \dots,$$

$$\Delta r_1 = \Delta r_2 = \pm \dots$$

- 2.2. Für den relativen Fehler des Trägheitsmomentes erhalten Sie damit:

$$\frac{\Delta J}{J} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{2 \Delta r}{r} + \frac{2 \Delta \bar{T}}{\bar{T}} + \frac{\Delta \bar{T}' + \Delta \bar{T}}{\bar{T}' - \bar{T}} + \frac{\Delta \bar{T}' + \Delta \bar{T}}{\bar{T}' + \bar{T}}$$

- 2.3. Geben Sie den relativen Fehler in Prozenten an!

Ergebnis

## Aufgabe

Nehmen Sie die Entladestromstärke eines Kondensators als Funktion der Zeit auf, und bestimmen Sie damit die Ladung!

## Vorbetrachtungen

1. Aus  $\Delta Q = -I \cdot \Delta t$  erhält man, daß die Entladestromstärke entgegengesetzt gleich ist der zeitlichen Abnahme der Ladung:  $I = -\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ . Geht man zur differentiellen Schreibweise über, so ergibt sich  $I = -\frac{dQ}{dt}$ . (1)
2. Mit  $Q = C \cdot U$  und  $U = I \cdot R$  wird die Ladung  $Q = C \cdot I \cdot R$ . Geht man damit in Gleichung (1), erhält man  $I = -\frac{C \cdot R \cdot dI}{dt}$ .

Diese Differentialgleichung stellt man vor dem Lösen um

$$\frac{dI}{I} = -\frac{1}{C \cdot R} dt. \quad (2)$$

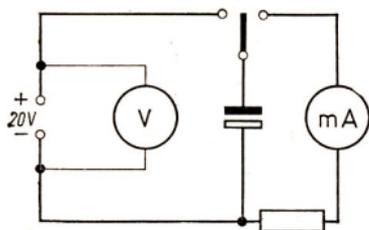
Das Produkt  $C \cdot R$  bezeichnet man als die Zeitkonstante, da beide Größen die Lade- bzw. Entladezeit bestimmen.

3. Die Lösung der Differentialgleichung (2) liefert  $I = I_{\max} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$ . (3)  
Der Entladestrom nimmt also exponentiell ab. Wann ist er Null?
4. Die Fläche zwischen dem Bild der Funktion und der Zeitachse ist ein Maß der Ladung. Begründen Sie diese Behauptung!

## Geräte und Hilfsmittel

- 1 Kondensator (1000  $\mu\text{F}$ /30 V)
- 2 Widerstand (50 k $\Omega$ )
- 3 Strommesser (Meßbereich 1 mA)
- 4 Umschalter
- 5 Stoppuhr
- 6 Spannungsquelle (20 V)
- 7 Millimeterpapier
- 8 Spannungsmesser
- 9 Verbindungsleiter

## Versuchsaufbau



## Versuchsunterweisung

1. Bauen Sie den Versuch auf!

### Hinweis!

Achten Sie auf richtige Polung am Kondensator und am Strommeßgerät!

ACHTUNG! Den Kondensator nicht berühren und keinen Kurzschluß verursachen!

2. Laden des Kondensators und einige Probeentladungen ausführen.

3. Nehmen Sie mindestens drei Entladekurven auf! (Protokoll)

## Antworten zu den Vorbetrachtungen

### Meßprotokoll

Ladespannung:  $U = \dots$

$t$ in s	$I$ in mA	$t$ in s	$I$ in mA	$t$ in s	$I$ in mA

### Auswertung

1. Stellen Sie die drei Meßreihen auf Millimeterpapier grafisch dar!
  - 1.1. Darstellung der Stromstärke  $I$  als Funktion der Zeit auf normal geteiltem Millimeterpapier!
  - 1.2. Darstellung des gleichen Zusammenhanges auf einfach logarithmisch geteiltem Millimeterpapier!
2. Berechnen Sie die Anfangsstromstärke  $I_{\max}$  aus der Ladespannung und dem Widerstand des Stromkreises!
3. Logarithmieren Sie (3). Sie erkennen, daß  $\ln I$  eine lineare Funktion der Zeit ist. Entnehmen Sie der grafischen Darstellung aus 1.2. die Anfangsstromstärke und vergleichen Sie diese mit der Rechnung!
4. Berechnen Sie die Zeitkonstante  $\tau$ !
5. Ermitteln Sie die Zeitkonstante aus dem Anstieg der linearen Funktion in 1.2.! Vergleichen Sie beide Werte!
6. Auf welchen Teil der Anfangsspannung ist nach der Zeit  $\tau$  die Spannung abgesunken? Geben Sie diese Spannung auch prozentual an!
7. Bestimmen Sie die Ladung  $Q$  durch Auszählen der Fläche unter der Zeitkurve in 1.1.!
8. Bestimmen Sie  $Q$  durch Integration und vergleichen Sie beide Werte!
9. Begründen Sie eventuell auftretende Abweichungen!

### Ergebniszusammenstellung

### Aufgabe

Bestimmen Sie durch die Auslenkung einer Magnetnadel aus der Nord-Süd-Richtung die Horizontalintensität der magnetischen Feldstärke an Ihrem Schulort!

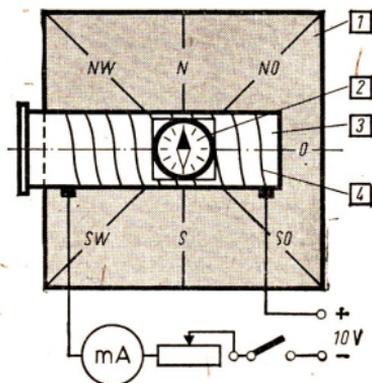
### Vorbetrachtungen

1. Wie bestimmt man die Richtung der Feldstärke  $\vec{H}$  des Magnetfeldes der Erde an einem bestimmten Ort?
2. Was versteht man unter der Horizontalintensität  $\vec{H}_H$  der magnetischen Feldstärke?
3. Welche Beziehung besteht zwischen  $H$  und  $H_H$ ?
4. Die Richtung der Horizontalintensität wird durch die Nadel eines Kompasses angezeigt. Legt man den Kompaß in ein homogenes Magnetfeld, welches rechtwinklig zur Horizontalintensität wirkt, so stellt sich die Kompaßnadel in Richtung der Resultierenden aus beiden ein. In unserem Versuch wird die Kompaßnadel um  $45^\circ$  aus der Nord-Süd-Richtung abgelenkt. Damit läßt sich die Horizontalintensität bestimmen. Wie groß ist sie, und wie wird sie errechnet?
5. Für das homogene Magnetfeld steht eine Spule mit 50 Windungen und einer Länge von 250 mm zur Verfügung. Als Spulenkörper dient ein Standzylinder mit einer Höhe von 300 mm und einem Durchmesser von 70 mm. Die Windungen müssen untereinander gleiche Abstände haben. Anfang und Ende sind mit etwas Leukoplast festgelegt.

### Geräte und Hilfsmittel

- 1 Auflagetisch für die Zylinderspule
- 2 kleiner Kompaß
- 3 Standzylinder  
( $\varnothing$  70 mm, Höhe 300 mm)
- 4 Kupferdraht, isoliert (etwa 13 m)
- 5 Gleichspannungsquelle (10 V)
- 6 Strommesser (500 mA)
- 7 Schiebewiderstand (300  $\Omega$ )
- 8 Schalter
- 9 Leukoplast
- 10 zwei Krokodilklemmen
- 11 Verbindungsleiter

### Versuchsaufbau



## Versuchsunterweisung

1. Legen Sie die Spule mit dem Kompaß so auf den die Himmelsrichtungen angehenden Auflagetisch, daß die Spulennachse in Ost-West-Richtung zu liegen kommt.

### Hinweis!

Auflagetisch und Kompaß müssen waagrecht liegen.

2. Schalten Sie den Stromkreis! Stellen Sie den größten Widerstand ein, bevor Sie den Schalter schließen!
3. Vergrößern Sie solange die Stromstärke, bis die Kompaßnadel um  $45^\circ$  gegenüber der Nord-Süd-Richtung ausgelenkt wird! Lesen Sie die zugehörige Stromstärke ab! (Protokoll)
4. Wiederholen Sie den Versuch mehrere Male. Ändern Sie eventuell auch die Stromrichtung! (Protokoll)

### Antworten zu den Vorbetrachtungen

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

### Meßprotokoll

Windungszahl:  $N = \dots$

Spulenlänge:  $l = \dots$

Lfd. Nr.	$I$ in mA	$\Delta I$ in mA
	$\bar{I} =$	$\Delta \bar{I} =$

### Versuchsauswertung

1. Berechnen Sie den Mittelwert der Stromstärke und damit den Mittelwert der Horizontalintensität!
2. Fehlerbetrachtung
  - 2.1. Schätzen Sie den absoluten Fehler der Spulenlänge!
  - 2.2. Berechnen Sie den absoluten Fehler der Stromstärkemessung!
  - 2.3. Wenn man die Windungszahl als fehlerfrei betrachtet, ergibt sich für den relativen Größtfehler der Horizontalintensität:

$$\frac{\Delta H_{\text{H}}}{H_{\text{H}}} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta \bar{I}}{\bar{I}}$$

Geben Sie den Fehler prozentual an!

### Ergebnis

### Aufgabe

Zeigen Sie durch Versuchsreihen, wie der Spannungsstoß von der Änderung der magnetischen Induktion, der wirksamen Querschnittsfläche und der Windungszahl der Induktionsspule abhängt!

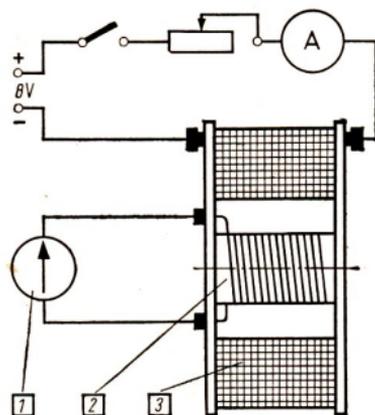
### Vorbetrachtungen

1. Geben Sie für folgende physikalische Größen die Definitionen und die Einheiten an:  
Spannungsstoß, magnetische Induktion, magnetischer Fluß.
2. Formulieren Sie das Induktionsgesetz und bilden Sie die Proportionen, die Ihrer Aufgabenstellung entsprechen!

### Geräte und Hilfsmittel

- 1 Drehspulmeßinstrument mit Mittelstellung (Meßbereich 1 mA)
- 2 Satz Induktionsspulen  
(siehe Sprockhoff „Physikal. Schulversuche“, Bd. 9, Versuch 3.1.5)
- 3 Erregerspule (1500 Wdg)
- 4 Widerstand (110  $\Omega$ ; 2,8 A)
- 5 Gleichspannungsquelle (etwa 20 V)
- 6 Schalter
- 7 Strommesser (Meßbereich 2 A)
- 8 Verbindungsleiter

Versuchsaufbau



## Versuchsunterweisung

1. Bauen Sie den Versuch auf und überzeugen Sie sich bei kleinen Stromstärkeänderungen von der Funktionstüchtigkeit der Schaltung!
2. Zur Untersuchung der Proportion  $U \cdot \Delta t \sim \Delta B$  genügen Stromstärkeänderungen  $\Delta I$ , wenn Windungszahl und Länge der Erregerspule beibehalten werden. Führen Sie 3 verschiedene Stromstärkeänderungen aus! Vergleichen Sie dabei die Ausschläge des Galvanometers beim Ein- und Ausschalten! (Protokoll)
3. Untersuchen Sie die Beziehung  $U \cdot t \sim \Delta A$ , indem Sie 3 Induktionsspulen unterschiedlichen Querschnitts verwenden! (Protokoll)
4. Die Abhängigkeit des Spannungsstoßes von der Windungszahl der Induktionsspule untersuchen Sie an 3 Induktionsspulen unterschiedlicher Windungszahl! (Protokoll)

## Antworten zu den Vorbetrachtungen

### Meßprotokoll

Zu 2)

$N_{\text{err}} =$

$N_{\text{ind}} =$

$A =$

$\Delta I$ in mA	$U \cdot \Delta t$ in Skt	$\frac{U \cdot \Delta t}{\Delta I}$ in $\frac{\text{Skt}}{\text{A}}$

Zu 3)

$N_{\text{err}} =$

$N_{\text{ind}} =$

$I =$

$A$ in $\text{cm}^2$	$U \cdot \Delta t$ in Skt	$\frac{U \cdot \Delta t}{A}$ in $\frac{\text{Skt}}{\text{cm}^2}$

Zu 4)

$N_{\text{err}} =$

$A =$

$I =$

$N_{\text{ind}}$	$U \cdot \Delta t$ in Skt	$\frac{U \cdot \Delta t}{N_{\text{ind}}}$ in $\frac{\text{Skt}}{\text{Wdg}}$

## Auswertung

1. Stellen Sie Ihre Meßergebnisse grafisch dar!
2. Werten Sie die Diagramme aus und formulieren Sie die Teilergebnisse!
3. Welche Fehlerquellen können Ihre Versuchsreihen beeinflussen?

**Aufgabe**

Untersuchen Sie an verschiedenen Materialien die Änderung des elektrischen Widerstandes durch Erwärmung und bestimmen Sie die mittleren Temperaturkoeffizienten dieser Stoffe!

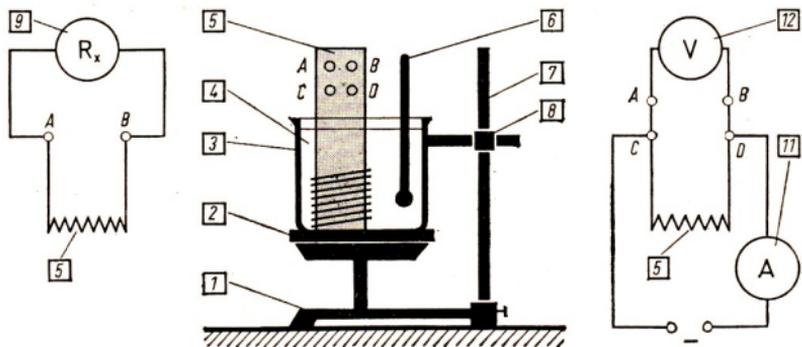
**Vorbetrachtungen**

1. Welche Besonderheiten im elektrischen Verhalten benutzt man für die Einteilung in „Leiter“ und „Halbleiter“?
2. Wie wird das unterschiedliche Verhalten erklärt?
3. In dem zu untersuchenden Bereich von etwa 20 °C bis 100 °C kann mit genügender Genauigkeit angenommen werden, daß die Widerstandsänderung  $\Delta R$  proportional der Temperaturänderung  $\Delta t$  erfolgt. Fernerhin hängt  $\Delta R$  vom Anfangswiderstand  $R_1$  ab. Somit wird  $\Delta R \sim R_1 \cdot \Delta t$ . Der Proportionalitätsfaktor dieser Beziehung ist der mittlere Temperaturkoeffizient:  

$$\Delta R = \alpha \cdot R_1 \cdot \Delta t.$$
 Nach der Erwärmung ergibt sich ein Widerstand  $R_2 = R_1 + \Delta R$  oder  $R_2 = R_1 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$ . (Vergleichen Sie dazu die Längen- oder Volumenausdehnung!)
4. Mit dem Schülermeßgerät „Polyzet“ können sowohl Stromstärke und Spannung als auch der Widerstand direkt gemessen werden.

**Geräte und Hilfsmittel**

- 1 V-Fuß
- 2 Stativheizplatte (220 V/150 W)
- 3 Aluminiumtopf
- 4 destilliertes Wasser
- 5 Probewiderstände:  
 Kupferdraht auf Pertinax gewickelt;  
 Stahldraht auf Pertinax gewickelt,  
 Heißleiterwiderstand,  
 Thermistor,  
 Konstantandraht auf Pertinax gewickelt
- 6 Thermometer (Meßbereich bis 100 °C)
- 7 Stativstab 250 mm
- 8 Kreuzmuffe
- 9 Widerstandsmeßbrücke
- 10 Verbindungsleiter oder
- 11 Strommesser
- 12 Spannungsmesser
- 13 Stromversorgungsgerät



### Versuchsaufbau

### Versuchsunterweisung

1. Tauchen Sie den Draht in das destillierte Wasser und bestimmen Sie Anfangstemperatur  $t_1$  und Anfangswiderstand  $R_1$ ! (Protokoll)
2. Stellen Sie den Aluminiumbecher auf die vorgewärmte Heizplatte und messen Sie den Widerstand nach einer Temperaturerhöhung von jeweils 10 grad!

#### Hinweis!

Achten Sie darauf, daß die Probedrähte nicht mit dem Aluminiumtopf in Berührung kommen.

Benutzen Sie für jede Meßreihe destilliertes Wasser von Zimmertemperatur!  
Die Widerstände sind nach Gebrauch zu trocknen!

3. Führen Sie entsprechende Messungen mit den anderen Widerstandsmaterialien durch! (Protokoll)

### Antworten zu den Vorbetrachtungen

- 1.
- 2.

### Meßprotokoll

Material: . . .

Lfd. Nr.	$t$ in $^{\circ}\text{C}$	$R$ in $\Omega$
1		
2		
.		

$$\Delta R = R_n - R_1 =$$

$$\Delta t = t_n - t_1 =$$

## Auswertung

1. Stellen Sie für jede Probe den Widerstand  $R$  als Funktion der Temperatur  $t$  grafisch dar!
2. Berechnen Sie die mittleren Temperaturkoeffizienten  $\alpha$  der untersuchten Materialien!

### Hinweis!

Beachten Sie die Vorzeichen!

### 3. Fehlerbetrachtung

- 3.1. Schätzen Sie die absoluten Fehler bei der Temperaturmessung und der Widerstandsmessung!

$$\Delta t_1 = \Delta t_1 = \pm$$

$$\Delta R_1 = \Delta R_1 = \pm$$

- 3.2. Berechnen Sie den relativen Fehler des mittleren Temperaturkoeffizienten und geben Sie ihn in Prozenten an!

$$\frac{\Delta \alpha}{\alpha} = \frac{\Delta(\Delta R)}{\Delta R} + \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t}$$

### Ergebniszusammenstellung

### Aufgabe

Bestimmen Sie den Wirkungsgrad einer Heizplatte und eines Experimentiertauchsieders!

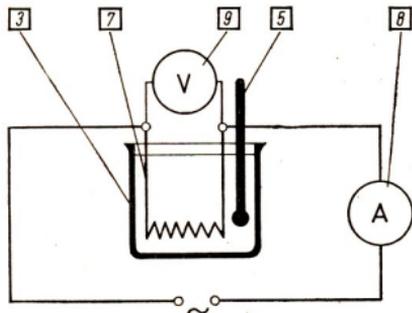
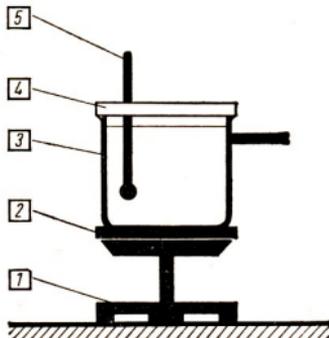
### Vorbetrachtungen

1. Wie ist der Wirkungsgrad definiert?
2. Wie errechnet man die Wärmeenergie und wie die elektrische Energie?
3. Entnehmen Sie einer Tafel den Umrechnungswert der gebräuchlichen Einheit 1 cal in die Grundeinheit 1 Nm!
4. Ob beide Geräte den gleichen Wirkungsgrad haben?  
Begründen Sie Ihre Vermutung!

### Geräte und Hilfsmittel

- |                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1 V-Fuß                          | 7 Heizwendel mit Halter (12 V/1 A) |
| 2 Stativheizplatte (220 V/150 W) | 8 Strommesser                      |
| 3 Aluminiumtopf (250 ml)         | 9 Spannungsmesser                  |
| 4 Deckel für Kalorimeter         | 10 Spannungsquelle                 |
| 5 Laborthermometer               | 11 Uhr                             |
| 6 Meßzylinder                    | 12 Verbindungsleiter               |

### Versuchsaufbau



## Versuchsunterweisung

### Wirkungsgrad einer Heizplatte

1. Fragen Sie Ihren Lehrer nach der augenblicklichen Netzspannung und dem Widerstand der Heizplatte und schließen Sie diese an das Netz an! (Protokoll)
2. Füllen Sie 200 ml Wasser in den Aluminiumtopf und bestimmen Sie die Anfangstemperatur! (Protokoll)
3. Wenn die Heizplatte heiß ist, stellen Sie das mit Wasser gefüllte Gefäß 5 Minuten auf die Heizplatte. Nach dem Abheben von der Heizplatte gut umrühren und die Endtemperatur messen! (Protokoll)

### Wirkungsgrad eines Tauchsieders

4. Aufbau der Versuchsanordnung.  
Füllen Sie 200 ml Wasser in den Aluminiumtopf und bestimmen Sie die Anfangstemperatur! (Protokoll)
5. Erwärmen Sie das Wasser 10 Minuten und messen Sie Spannung, Stromstärke und Endtemperatur!

### Hinweis!

Die Endtemperatur lesen Sie erst ab, nachdem die Heizwendel entfernt und die Flüssigkeit gut durchgerührt ist.

## Antworten zu den Vorbetrachtungen

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

## Meßprotokoll

### Heizplatte

Spannung:	$U = \dots$
Widerstand:	$R = \dots$
Leistung der Heizplatte:	$P = \dots$
Masse des Wassers:	$m = \dots$
Zeit der Erwärmung:	$t = \dots$
Anfangstemperatur:	$\vartheta_1 = \dots$
Endtemperatur:	$\vartheta_2 = \dots$

### Tauchsieder

Spannung:	$U = \dots$
Stromstärke:	$I = \dots$
Masse des Wassers:	$m = \dots$
Zeit der Erwärmung:	$t = \dots$
Anfangstemperatur:	$\vartheta_1 = \dots$
Endtemperatur:	$\vartheta_2 = \dots$

## Auswertung

1. Errechnen Sie für beide Versuche den Wirkungsgrad!
2. Vergleichen Sie beide Ergebnisse untereinander und mit Ihrer Vermutung!
3. Fehlerbetrachtung
- 3.1. Schätzen Sie die absoluten Fehler der einzelnen Größen!

$$\Delta R = \pm \quad \Delta U = \pm$$

$$\Delta m = \pm \quad \Delta I = \pm$$

$$\Delta \vartheta = \pm$$

- 3.2. Für die Heizplatte erhalten Sie als relativen Größtfehler

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{2 \Delta \vartheta}{\vartheta_2 - \vartheta_1} + \frac{\Delta t}{t} + \frac{2 \Delta U}{U} + \frac{\Delta R}{R}$$

- 3.3. Für den Tauchsieder erhalten Sie als relativen Größtfehler

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{2 \Delta \vartheta}{\vartheta_2 - \vartheta_1}$$

- 3.4. Geben Sie die relativen Fehler in Prozenten an!

## Ergebnis

**Aufgabe**

1. Ermitteln Sie die Ablenkempfindlichkeit für die Vertikalablenkung ( $y$ -Achse)!
2. Bestimmen Sie die Phasenverschiebung in einem Wechselstromkreis durch Spannungsmessungen mit dem geeichten Katodenstrahloszillografen!

**Vorbetrachtungen**

1. Wie sind im Wechselstromkreis  $U$  und  $I$  definiert?
2. Welcher Zusammenhang besteht zwischen  $U$  und  $U_{\max}$ ?
3. Die Ablenkempfindlichkeit eines Katodenstrahloszillografen ist das Verhältnis aus maximaler Ablenkung  $Y_{\max}$  in mm und der angelegten Spannung  $U_{\max}$  in V

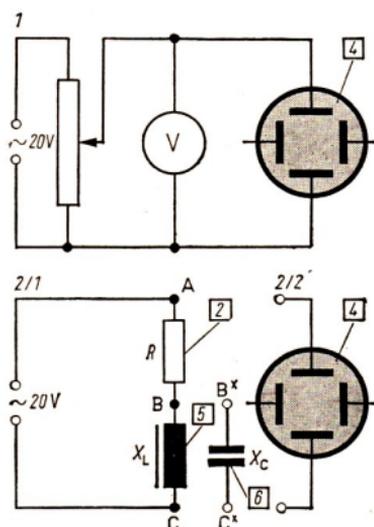
$$(AE = \frac{Y_{\max}}{U_{\max}}).$$

Beachten Sie, daß die angelegte Wechselspannung den Katodenstrahl nach beiden Seiten auslenkt!

4. Bei Reihenschaltung von  $R$  und  $X_L$  oder  $R$  und  $X_C$  treten Phasenverschiebungen auf. Wie kann man den Phasenwinkel  $\varphi$  in einem Zeigerdiagramm bestimmen, wenn man die Teilspannungen gemessen hat?

**Geräte und Hilfsmittel**

- 1 Stromversorgungsgerät (20 V  $\sim$ )
- 2 Potentiometer (1500  $\Omega$ )
- 3 Spannungsmesser
- 4 Katodenstrahloszillograf
- 5 Spule mit geschlossenem Eisenkern ( $N = 1500$ )
- 6 Kondensator (4  $\mu\text{F}$ )
- 7 Verbindungsleiter

**Versuchsaufbau**


## Versuchsdurchführung

### 1. Aufbau der Schaltung 1.

#### Hinweis!

Das Kippgerät bleibt bei allen Messungen abgeschaltet! Nehmen Sie bei längeren Meßpausen die Helligkeit des Elektronenstrahles zurück!

### 2. Nehmen Sie die Auslenkung des Elektronenstrahls als Funktion der angelegten Spannung auf! (Protokoll)

#### Hinweis!

Ihr Spannungsmesser zeigt die effektive Spannung an.

Die Gesamtlänge der Auslenkung entspricht  $2 U_{\max}$ !

### 3. Aufbau der Schaltung 2.1. (Reihenschaltung von $R$ und $X_L$ ).

### 4. Messen Sie mit dem geeichten Katodenstrahloszillografen die angelegte Spannung; die Teilspannung $U_R$ und die Teilspannung $U_L$ ! (Protokoll)

### 5. Aufbau der Schaltung 2.2. (Reihenschaltung von $R$ und $X_C$ ).

### 6. Messen Sie die angelegte Spannung und die Teilspannungen $U_R$ und $U_C$ ! (Protokoll)

## Antworten zu den Vorbetrachtungen

- 1.
- 2.
- 4.

## Meßprotokoll

Katodenstrahloszillograf Nr. . . .

Zu 2

$U$ in V									
$U_{\max}$ in V									
$2 Y_{\max}$ in mm									

Zu 4

$U_R$ :	$2 Y_{\max}$ in mm	
	$U_{\max}$ in V	
$U_L$ :	$2 Y_{\max}$ in mm	
	$U_{\max}$ in V	

zu 6

$U_R:$	$2 Y_{\max}$ in mm	
	$U_{\max}$ in V	
$U_C:$	$2 Y_{\max}$ in mm	
	$U_{\max}$ in V	

### Versuchsauswertung

1. Stellen Sie  $Y_{\max}$  als Funktion von  $U_{\max}$  auf Millimeterpapier grafisch dar und geben Sie die Ablenkempfindlichkeit an!
2. Entnehmen Sie der Eichkurve die Werte der Teilspannungen an den Wechselstromwiderständen!
3. Konstruieren Sie die Zeigerdiagramme der Teilspannungen und ermitteln Sie darin den jeweiligen Phasenwinkel  $\varphi$ !
4. Überprüfen Sie, ob die resultierende Spannung stets mit der angelegten Spannung übereinstimmt!

### Ergebniszusammenstellung

**Aufgabe**

Untersuchen Sie an einem einfachen Modell zur Regelung des Gasdruckes, wie sich der Regler bei auftretenden Störungen verhält!

**Vorbetrachtungen**

1. Unterscheiden Sie zwischen Steuerung und Regelung eines Prozesses!
2. Welche Regelungsarten sind Ihnen auf Grund ihrer Funktionsweise neben der pneumatischen Regelung bekannt?
3. Welche Reglertypen unterscheidet man?
4. Studieren Sie recht genau die Skizze zum Versuchsaufbau und das Modell und beschreiben Sie die Wirkungsweise des Reglermodells!

**Geräte und Hilfsmittel**

- 1 vom Druckluftbehälter mit Reduzierventil
- 2 Gashahn mit Stellhebel auf Pappskale
- 3 Laboratoriumsschlauch
- 4 zwei Übertragungshebel
- 5 Manometer (Meßgenauigkeit möglichst 0,01 at)
- 6 zwei T-Stücke aus Glas
- 7 Kolbenprober
- 8 Befestigungsbleche und Schrauben
- 9 Druckkraftmesser (Meßbereich 1 kp)
- 10 Glashahn auf Pappskale
- 11 Grundplatte, 800 mm × 400 mm
- 12 Stoppuhr

**Versuchsunterweisung**

1. Prüfen Sie durch Handbetätigung die Funktionsfähigkeit des Regelmechanismus!
2. Schließen Sie die Regeleinrichtung an den Druckbehälter an!

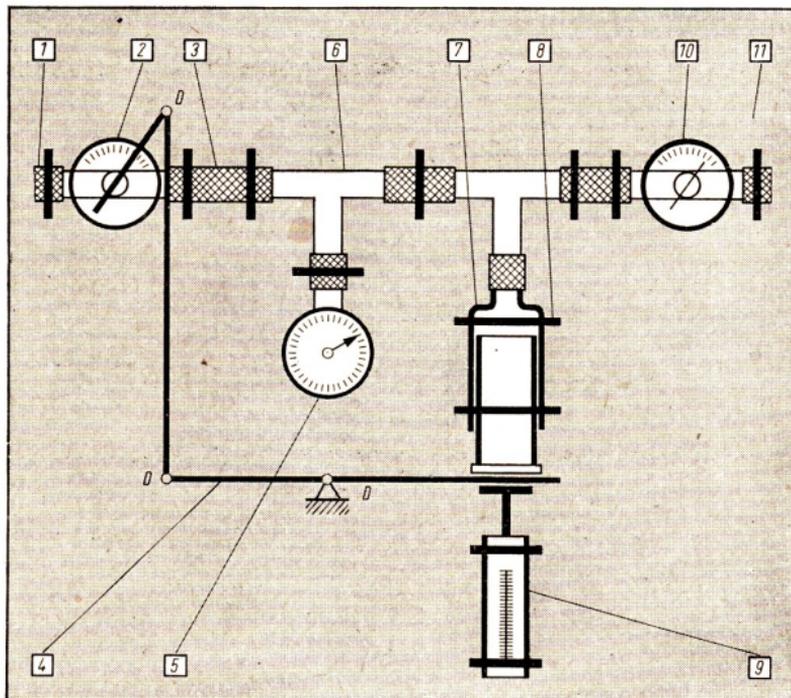
**Hinweis!**

Glashahn völlig geschlossen; Gashahn etwa halb geöffnet; Reduzierventil völlig geschlossen!

3. Öffnen Sie das Reduzierventil an der Gasflasche und stellen Sie einen Druck von etwa 1,3 at ein!
4. Öffnen Sie geringfügig den Glashahn und beobachten Sie dabei das Manometer und die Regelstrecke auf Funktionstüchtigkeit!

5. Untersuchen Sie, bis zu welchem Öffnungsgrad (ausgedrückt als größter Winkel  $\alpha_g$  der Verstellung) der Regler den am Anfang eingestellten Druck wieder einregelt! (Protokoll)
6. Untersuchen Sie die Übergangsfunktion des Reglers!  
(Protokoll)  
**Hinweis!**  
Öffnen Sie dazu den Glashahn vom geschlossenen Zustand rasch bis zu einem bestimmten Öffnungswinkel  $\alpha_1 < \alpha_g$  und messen Sie dabei die zeitliche Änderung des Druckes!

#### Versuchsaufbau



#### Antworten zu den Vorbetrachtungen

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

## Meßprotokoll

Zu 5

Lfd. Nr.	$\alpha_g$	$\Delta\alpha_g$
1		
2		
.		
.		
	$\bar{\alpha}_g =$	$\Delta\bar{\alpha}_g =$

Zu 6

$t$ in s					
$p$ in at					

## Auswertung

1. Stellen Sie das Blockschaltbild dieser Regelung auf!
2. Bei welchem Öffnungsgrad versagt dieser Regler?
3. Stellen Sie die Übergangsfunktion grafisch dar!
4. [ $p = f(t)$ ]  
Beurteilen Sie die Verwendbarkeit dieses Modells!

## Ergebnisse

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

