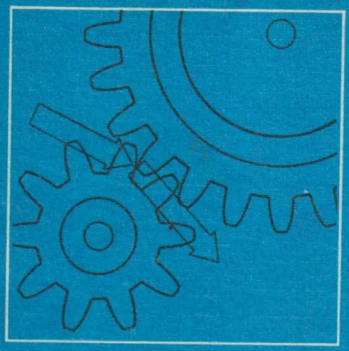
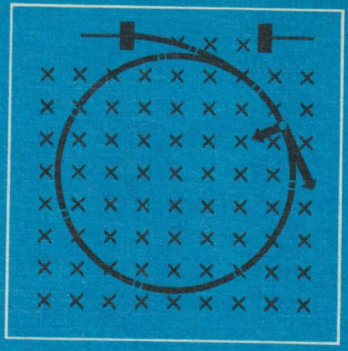




PHYSIK 11|12

Schüler-experimente

PHYSIK
Schülerexperimente

Klassen 11 und 12

Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin
1984

Autoren

Dr. paed. Margitta Dittrich und Manfred Dittrich
Dr. paed. Doris Meyerhöfer und
Dr. paed. Rolf Meyerhöfer
Joachim Beyer
Dr. habil. Wolfgang Manthei
Prof. Dr. rer. nat. Manfred Wünschmann
Redaktion: Günter Meyer

Gruppenexperimente Klasse 11
Gruppenexperimente Klasse 12 und
Einzelexperimente Klassen 11 und 12
verbindliche Schülerexperimente
Klassen 11 und 12

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik als Schulbuch bestätigt

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1980
4. Auflage
Ausgabe 1980
Lizenz-Nr. 203/1000/83 (UN 02 11 64-4)
LSV 0681
Zeichnungen: Karin Hoppe
Einband: Manfred Behrendt
Typografische Gestaltung: Atelier vwv
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden
Schrift: 9/10 Gill Monotype
Redaktionsschluß: 20. 4. 1983
Bestell-Nr. 730 753 6
Schulpreis DDR: 2,00

Inhalt

Praktikumsexperimente

Zielstellung des physikalischen Praktikums in der Abiturstufe 5
Inhalt des physikalischen Praktikums 5
Hinweise zum Experimentieren 6
Hinweise zur Fehlerbetrachtung bei physikalischen Messungen 8

Gruppenexperimente Klasse 11

I Aufnahme von Meßreihen zur Bestimmung mechanischer Größen

I/1 Wurfbahn eines Körpers 12
I/2 Wurfgeschwindigkeit 14
I/3 Geschwindigkeit einer Kugel bei unelastischem Stoß 16
I/4 Stoßkraft und Stoßdauer 18

II Bestimmung physikalischer Größen bei weitgehend selbständiger Erarbeitung theoretischer Grundlagen

II/1 Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Schallwelle in Luft 20
II/2 Abschätzen eines Moleküldurchmessers 21
II/3 Einfacher und gekoppelte Pendelschwinger 24
II/4 Spannungskoeffizient von Luft 26

III Bestimmung physikalischer Größen aus der Thermodynamik unter Verwendung von Versuchsanleitungen mit verminderter Ausführlichkeit

III/1 Spezifische Wärmekapazität einer Flüssigkeit 29
III/2 Spezifische Wärmekapazität einer Flüssigkeit (kalorimetr. Messung) . 30
III/3 Linearer Ausdehnungskoeffizient 32
III/4 Spezifische Schmelzwärme von Eis 33

Gruppenexperimente Klasse 12

I Bestimmung physikalischer Größen bei weitgehend selbständiger Erarbeitung der theoretischen Grundlagen

I/1 Trägheitsmoment (mit Reifenapparat) 36
I/2 Trägheitsmoment (mit Torsionsschwinger) 38
I/3 Impulsbestimmung 40
I/4 Magnetische Flußdichte 43

II Messung charakteristischer Größen elektrischer Bauelemente
II/1 Transistorkennlinien 45
II/2 Induktivität einer Spule 46
II/3 Entladungskurve eines Kondensators 48
II/4 Widerstandsmessungen 49

III Experimente mit Wiederholungs- und Erweiterungscharakter aus der Optik unter Verwendung von Anleitungen mit verminderter Ausführlichkeit
III/1 Brennweite einer Linse 51
III/2 Wellenlänge monochromatischen Lichtes 53
III/3 Äußerer lichtelektrischer Effekt 54
III/4 Dispersionskurve eines Prismas 56

Einzelexperimente Klassen 11 und 12
E 1 Wärmekapazität eines Kalorimeters 58
E 2 Spezifische Wärmekapazität von Metallen 58
E 3 Brechzahl von Glas und Grenzwinkel der Totalreflexion 59
E 4 Lichtwellenlängen und Gitterkonstanten 60

Einzelexperimente Klasse 12
E 5 Zusammenhang zwischen Drehmoment, Trägheitsmoment und Winkelbeschleunigung 60
E 6 Spannung und Stromstärke bei Reihenschaltung zweier Widerstände 61
E 7 Stromstärke – Spannung – Kennlinien von Bauelementen 62
E 8 Stromstärke – Temperatur – Diagramm eines Thermistors 62

Verbindliche Schülerexperimente

Schülerexperimente Klasse 11
Th 1 Wärmekapazität eines Kalorimeters 63
Th 2 Spezifische Wärmekapazität eines festen Metallkörpers 64
O 3/O 4 Brechzahl von Glas und Grenzwinkel der Totalreflexion 66
O 5 Bildweite und Bildgröße bei einer Sammellinse 68
O 6 Beugungsspektren und Wellenlängen des Lichtes 69

Schülerexperimente Klasse 12
M 1 Abhängigkeit der Winkelbeschleunigung vom Betrag und vom Angriffspunkt der Kraft 71
M 2 Abhängigkeit der Winkelbeschleunigung vom Trägheitsmoment . . . 73
L 3 Reihenschaltung eines konstanten und eines stellbaren Widerstandes 75
L 4 Aufnahme der *I-U*-Kennlinie einer Glühlampe und eines Thermistors 77
L 5 Aufnahme der *I-U*-Kennlinie einer Halbleiterdiode 78
L 6 Aufnahme der Stromstärke-Temperatur-Steuerkennlinie eines Thermistors 79

Zielstellung des physikalischen Praktikums in der Abiturstufe

Die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten spielen im Physikunterricht eine bedeutende Rolle. Die Experimente helfen Ihnen, neue Erkenntnisse zu gewinnen, den objektiven Charakter der Naturgesetze nachzuweisen sowie die Materialität der Welt und ihren universellen Zusammenhang zu erkennen. Gleichzeitig werden die Voraussetzungen dafür geschaffen, daß Sie während Ihrer weiteren Ausbildung und beruflichen Entwicklung Aufgaben experimentell lösen oder theoretisch gefundene Lösungen experimentell überprüfen können.
Selbständiges Experimentieren, Beobachten und Messen erfordern, daß Sie sorgfältig, genau, ausdauernd, zielstrebig und kritisch arbeiten. Kollektives Arbeiten beim Experimentieren verlangt Ehrlichkeit, Hilfsbereitschaft, Verantwortungsbewußtsein und gegenseitige Rücksichtnahme. Diese Eigenschaften sollen Sie bewußt im physikalischen Praktikum weiterentwickeln.
Sie haben bereits in den vorangegangenen Schuljahren Schülerexperimente und Praktika ausgeführt und ein grundlegendes Wissen und Können beim Experimentieren erworben.
In der Abiturstufe kommt es besonders darauf an, daß Sie Ihre Selbständigkeit bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Experimente weiter erhöhen. Insbesondere sollen Sie

- das Wissen in bestimmten Teilgebieten der Physik selbständig wiederholen, festigen und erweitern,
- relativ selbständig weniger bekannte Sachverhalte unter Verwendung von Lehrbüchern, Nachschlagewerken und Fachliteratur nutzen,
- durch die Experimente physikalische Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge erkennen oder bestätigen,
- komplizierte Aufgaben nach vorgegebenen Anleitungen und einfache experimentelle Aufgaben ohne ausführliche Anleitungen selbständig lösen,
- Ihr mathematisches Wissen und Können selbständig anwenden, physikalische Gesetze in mathematischer Form ableiten und physikalische Größen richtig berechnen,
- Fehlerbetrachtungen ausführen und dabei die Ursachen der auftretenden Fehler erkennen und Möglichkeiten der Verringerung der Fehler angeben.

Im Praktikum der Abiturstufe wird die richtige Auswahl und Handhabung physikalischer Geräte gefestigt, das Wissen über den Arbeits- und Brandschutz erweitert und die selbständige Anfertigung von Protokollen geübt.

Inhalt des physikalischen Praktikums

Im Praktikum der Abiturstufe führen Sie Experimente aus der Mechanik, der Thermodynamik, der Optik und der Elektrizitätslehre aus.

Gruppenexperimente

Gruppenexperimente werden durch Gruppen von Schülern – in der Regel von zwei Schülern – ausgeführt. Die dazu vorliegenden Experimentieranleitungen sind in beiden Klassenstufen nach drei Schwerpunkten zu je vier Experimenten geordnet.
Die Schwerpunkte sind dadurch gekennzeichnet, daß
- Experimente aus bestimmten Stoffgebieten zusammengefaßt sind,
- bestimmte Fertigkeiten im besonderen Maße entwickelt und gefestigt werden,
- die Anleitungen unterschiedliche Ausführlichkeit besitzen.

Die Anleitungen zu den Experimenten der Schwerpunkte I und II sind verhältnismäßig ausführlich. Theoretische Grundlagen sind weitgehend selbständig zu erarbeiten, es sind mechanische, elektrische oder thermodynamische Größen zu bestimmen. Dabei sind Meßreihen unter verschiedenen Bedingungen aufzunehmen, grafisch darzustellen und physikalische Größen zu berechnen.
Die Vorbetrachtungen und Hinweise zur Durchführung und Auswertung sind so abgefaßt, daß Sie damit das Experiment nach Lösung der vorgegebenen Aufgaben ausführen und auswerten können.
Die Anleitungen zu den Experimenten des Schwerpunktes III haben eine verminderte Ausführlichkeit. Hier sind von Ihnen die benötigten Geräte, Schaltpläne und die Reihenfolge der Experimentierschritte weitgehend selbständig anzugeben.
Die kollektive Arbeit erfordert, daß jeder Schüler der Gruppe zum Gelingen des Experiments beiträgt, d. h., daß Sie sich gründlich auf die Durchführung des Experiments vorbereiten, alle Tätigkeiten beim Experimentieren selbst mindestens einmal ausführen und sich aktiv an der Auswertung beteiligen. Sie sollen mindestens einmal eine Experimentieranordnung aufgebaut, die Messungen ausgeführt und die Meßergebnisse protokolliert haben.

Einzelexperimente

Neben den Gruppenexperimenten mit ausführlichen Anleitungen und Anleitungen mit verminderter Ausführlichkeit führen Sie auch Einzelexperimente aus. Dabei wird von jedem Schüler **einzeln unter prüfungsähnlichen Bedingungen** experimentiert. Zu den Einzelexperimenten werden nur wenige Hinweise gegeben, so daß Sie die Planung, Durchführung und Auswertung weitgehend selbständig ausführen müssen. Die Aufgabenstellungen der Einzelexperimente stützen sich auf die verbindlichen Schülerexperimente, die im Laufe des Schuljahres von Ihnen ausgeführt werden. Die **Einzelexperimente werden auch Gegenstand der Reifeprüfung im Fach Physik sein.**

Hinweise zum Experimentieren

Beim Experimentieren ist nach folgender Schrittfolge zu verfahren:
Theoretische Planung. Die Vorbetrachtungen dienen der theoretischen Vorbereitung des Experiments. Daher ist es unbedingt notwendig, daß Sie sich mit den hier aufgeworfenen Problemen auseinandersetzen, Gesetze und physikalische Sachverhalte wiederholen. Sollen Sie Gleichungen erläutern, so ist die Bedeutung der Symbole genau anzugeben.

Nutzen Sie zur Vorbereitung die Physiklehrbücher der Klassen 11 bzw. 12 und möglichst den „Wissensspeicher Physik". Sie haben auch die Möglichkeit, weitere Lehrbücher, Nachschlagewerke und Fachliteratur beim Lehrer anzufordern. Arbeiten Sie die Vorbetrachtungen entsprechend der Numerierung durch, da die nachfolgenden Aufgaben zum Teil auf der Beantwortung der vorangehenden Fragen basieren.

Technische Planung. Hierzu gehören die Auswahl der benötigten Geräte sowie die Planung des Aufbaus der Experimentieranordnung. Sie müssen genau überlegen, welche Tätigkeiten in welcher Reihenfolge während des Experimentierens auszuführen sind.

Durchführung. Bei der Durchführung der Experimente sollen Sie folgende Regeln beachten:

- Am Arbeitsplatz ist Ordnung zu halten, gehen Sie mit den Geräten sorgsam um!
- Bauen Sie die Experimentieranordnung übersichtlich auf, und achten Sie darauf, daß keine Geräte umfallen können, daß Wärmequellen nicht versehentlich berührt werden und daß andere Schüler nicht gefährdet werden können!
- Überprüfen Sie elektrische Schaltungen nach dem Aufbau zunächst selbst an Hand des Schaltplanes, und lassen Sie anschließend vom Lehrer kontrollieren!
- Elektrische Meßgeräte sind vor der Inbetriebnahme auf den größten Meßbereich einzustellen und erst nach Anlegen der Spannung auf den zweckmäßigeren Meßbereich herunterzuschalten. Beachten Sie dabei jeweils den Zeigerausschlag!
- Elektrische Geräte sind nur solange wie unbedingt erforderlich unter Spannung zu halten.
- Führen Sie alle Messungen sorgfältig und genau durch, beachten Sie dabei jeweils den vorliegenden Meßbereich!
- Überprüfen Sie Ihre Meßergebnisse bereits während der Messung sehr kritisch, und wiederholen Sie unter Umständen die Messungen!
- Schäden an den Geräten sind sofort nach Feststellung dem Lehrer mitzuteilen!

Die Durchführung des Experiments schließt die Erfassung der Meßwerte und die Anfertigung des Meßprotokolls ein.

Auswertung. Die Auswertung umfaßt die Interpretation der Meßwerte, die Fehlerbetrachtung und den Vergleich der Ergebnisse mit Aussagen in den Vorbetrachtungen.

Beachten Sie folgende Hinweise:

- Die Auswertung der Experimente muß die Experimentierergebnisse in physikalisch und sprachlich einwandfreier Form enthalten.
- Die Berechnungen müssen übersichtlich und exakt ausgeführt sein, runden Sie die Ergebnisse sinnvoll!
- Grafische Darstellungen sind auf Millimeterpapier zu zeichnen. In der Regel sollen dabei nicht die einzelnen Meßpunkte miteinander verbunden werden, sondern es wird unter Ausnutzung der Meßpunkte eine angenäherte Kurve gezeichnet.
- Die erforderlichen Fehlerbetrachtungen sind sorgfältig und umfassend durchzuführen.

Die **Protokolle** der Gruppenexperimente werden in der Regel parallel zu der Ausführung der einzelnen Experimentierschritte angefertigt. Sie sollen enthalten:

- Name, Vorname, Klasse, Datum,
- die Aufgabenstellung,

- die Antworten zu den Vorbetrachtungen bzw. die Bereitstellung der benötigten Gesetzmäßigkeiten,
- die Zusammenstellung der benötigten Geräte und Hilfsmittel,
- den Aufbau des Experiments als Skizze oder Schaltplan,
- gegebenenfalls eine Beschreibung der Durchführung des Experiments,
- das Meßprotokoll,
- die Auswertung einschließlich Fehlerbetrachtung.

Hinweise zur Fehlerbetrachtung bei physikalischen Messungen

Meßwert und Meßergebnis

Zur Lösung aller Praktikumsaufgaben sind Messungen erforderlich. Die zu messende physikalische Größe wird als **Meßgröße** X bezeichnet. Der an einer Skale eines Meßgerätes abgelesene Zahlenwert, multipliziert mit der Einheit der Meßgröße, wird als **Meßwert** X_i bezeichnet. Dieser Meßwert kann bereits das Meßergebnis darstellen. Häufig werden Sie jedoch mehrere Meßwerte der gleichen oder verschiedener Größenarten nach einer mathematischen Beziehung zum **Meßergebnis** verknüpfen müssen. Jedes Meßergebnis wird durch Unvollkommenheiten der Meßgeräte und Meßverfahren sowie durch Umwelteinflüsse (z. B. Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Streufelder von Elektromagneten) und den Beobachter (z. B. Übung, Aufmerksamkeit, Sehschärfe, Schätzungsvermögen) beeinträchtigt. Um ein Meßergebnis als zuverlässig zu erkennen, müssen Sie die Fehlerquellen und Fehlerarten kennen und ihren Einfluß abschätzen können.

Fehlerarten

Als Fehler bezeichnet man die Abweichung des Meßwertes vom wahren Wert der Meßgröße. Da der wahre Wert der Meßgröße unbekannt ist, ist auch der Fehler unbekannt. Man ermittelt deshalb einen sehr sorgfältig gemessenen Einzelwert oder aus den Meßwerten einen Mittelwert und kann dann Fehlergrenzen angeben, innerhalb deren der wahre Wert am wahrscheinlichsten liegt.

Im Praktikum der Abiturstufe wird auf eine Fehlerrechnung verzichtet.

Grobe Fehler. Ein Meßergebnis kann durch Irrtümer des Beobachters, durch die Wahl ungeeigneter Meß- und Auswertungsverfahren und durch die Nichtbeachtung von Fehlerquellen verfälscht werden. Derartige **grobe Fehler** sind grundsätzlich vermeidbar. Sie sollen bei der Abschätzung der Fehler nicht berücksichtigt werden. Die Anleitungen zu den einzelnen Experimenten enthalten an entsprechender Stelle Hinweise zur Vermeidung solcher groben Fehler.

Im Praktikum vermeiden Sie grobe Fehler dadurch, daß Sie bei den Messungen stets überprüfen, ob z. B.

- die richtige Skale zum Ablesen am Meßgerät verwendet wurde,
- der günstigste Anzeigebereich des Meßgerätes genutzt wurde,
- die geforderten Experimentierbedingungen eingehalten wurden,
- fehlerhafte oder falsche Schaltungen vermieden wurden,
- das Experiment entsprechend den Anweisungen zum Aufbau richtig aufgebaut und durchgeführt wurde.

Die Ursachen für das Auftreten von Fehlern sind verschiedener Art, danach lassen sich die Fehler in zwei Gruppen einteilen.

Systematische Fehler. Das sind Fehler, die bei unveränderten Meßbedingungen stets mit gleichem Betrag auftreten. Sie werden hauptsächlich durch Unvollkommenheiten der Meßgeräte und der Meßverfahren sowie durch meßtechnisch erfaßbare Einflüsse der Umwelt hervorgerufen. Sie haben einen bestimmten Betrag und ein bestimmtes Vorzeichen. Sie sind, wie schon der Name sagt, vom System bestimmt und lassen sich durch einfache Wiederholung mit demselben Meßgerät weder erkennen noch ausschalten. Systematische Fehler werden erst bemerkt, wenn die Meßanordnung oder das Meßgerät mit einem genaueren Meßverfahren überprüft werden. Damit sind sie bestimmbar und durch Berichtigung des Meßwertes aufhebbar.

In den Fällen, in denen sie nicht auf einfache Weise erfaßt werden können, erfolgt eine Abschätzung.

Einige Beispiele sollen das erläutern:

- Bei Längenmessungen mit einem Meßstab mit Fertigungstoleranzen messen Sie alle Längen entweder zu klein oder zu groß. Schülerlineale haben im allgemeinen einen systematischen Fehler von einigen Millimetern. Dieser ist durch Veränderung der Meßmethode (Stahlmeßstab, Meßschieber) zu erkennen und aus so gewonnenen Erfahrungen abzuschätzen.
- Bei elektrischen Messungen wird der systematische Fehler durch die Klasse des Meßgerätes angegeben (meist auf der Skalenplatte mit anderen Symbolen aufgedruckt). Hat ein Meßgerät die Klasse 5, so beträgt die Anzeigeungenauigkeit $\pm$ 5% des Meßbereichsendwertes.
- Bei der Bestimmung von Mischungstemperaturen in Kalorimetern erfolgt durch die Wärmekapazität K des Kalorimeters eine Korrektur. In anderen Fällen (Wärmeabgabe an die Umgebung beim Transport eines heißen Metallkörpers in das Kalorimeter) können Sie den systematischen Fehler nur schätzen.

Weitere Ursachen für systematische Fehler können sein:

- beschädigte Wägestücke,
- Idealisierung von physikalischen Sachverhalten (Masse eines Körpers wird als Punktmasse angenommen, Reibungskraft wird vernachlässigt).

Bei vielen Meßgeräten, die in entsprechenden Werkstätten gefertigt und geeicht worden sind, liegen die systematischen Fehler meist in solchen Grenzen, daß Sie diese gegenüber den zufälligen Fehlern vernachlässigen können.

Zufällige Fehler. Sie werden durch meßtechnisch nicht erfaßbare und nicht beeinflußbare Änderungen der Meßbedingungen, Änderung der Reibungskräfte im Meßgerät und subjektive Unterschiede in der Arbeit des Beobachters hervorgerufen. Wiederholt man die Messung derselben Meßgröße unter gleichen Bedingungen mit demselben Meßgerät, so können die Meßwerte voneinander abweichen, die einzelnen Meßwerte streuen. Aus den Einzelmessungen (mindestens 3) bestimmt man als arithmetisches Mittel einen Mittelwert der Meßgröße. Dieser Mittelwert kommt dem wahren Wert der Meßgröße um so näher, je größer die Anzahl der Messungen ist. In der im Praktikum der Abiturstufe zur Verfügung stehenden Zeit sind mehr als jeweils 10 Messungen nicht sinnvoll. Durch mathematisch-statistische Verfahren kann der **absolute Fehler** $\Delta\overline{X}$ (die Abweichung vom wahren Wert) aus den Meßwerten ermittelt werden. Im Praktikum der Abiturstufe wird allerdings darauf verzichtet.

Sofern Sie nicht weitere zufällige Fehlereinflüsse erkennen, schätzen Sie den absoluten Fehler aus der Ablesegenauigkeit der Skale mit einem halben Skalenteil (Beispiel: Thermometer 1/1-Kelvin-Teilung, Fehler $\pm$ 0,5 K).

Zusammenfassung

Aus den bisherigen Erläuterungen folgt, daß alle Messungen mit einem Fehler behaftet sind. Sie müssen sich deshalb bereits bei der Durchführung der Messungen bemühen, die Fehlerquellen zu erkennen, die Fehler der Gruppe der systematischen oder zufälligen Fehler zuzuordnen und, soweit möglich, den Betrag abzuschätzen.
Erkennt man, daß die systematischen Fehler überwiegen (z. B. bei kalorischen Messungen), so genügt es, eine Messung durchzuführen und diese durch eine Kontrollmessung zu überprüfen. Dadurch werden Verfälschungen durch grobe Fehler vermieden. Bei vielen Experimenten können Sie den systematischen Fehler vernachlässigen, da er klein gegenüber den zufälligen Fehlern ist. Das gilt z. B. für Längen- und Zeitmessungen. Die Gangungenauigkeit einer Stoppuhr ist bei kleinen Zeitintervallen unbedeutend gegenüber den subjektiven Fehlern, die Sie beim Ein- und Ausschalten sowie beim Schätzen der Zehntelsekunden machen. In den Anleitungen zu den Experimenten sind deshalb Hinweise enthalten, bei welchen Meßgrößen durch mehrmaliges Messen der Einfluß zufälliger Fehler verringert werden kann.

Relative Fehler

Die Angabe der absoluten Fehler der einzelnen Meßwerte ermöglicht noch keine Aussage darüber, wie stark diese Fehler das Meßergebnis beeinflussen. Ein Vergleich der Fehler der einzelnen Meßwerte wird durch die Berechnung des **relativen Fehlers** möglich.
Für den relativen Fehler eines Meßwertes benutzt man die Gleichung

$$\delta = \frac{\Delta \bar{X}}{\bar{X}}.$$

$\bar{X}$ stellt den Mittelwert aus n gemessenen Meßwerten X_i dar.

Im Praktikum der Abiturstufe werden die absoluten Fehler nicht berechnet, sondern nur geschätzt. Zum Schätzen können Sie bei Meßreihen auch die Abweichungen der Einzelmessungen vom Mittelwert benutzen. Die Abweichung eines Meßwertes vom Mittelwert erhält man aus

$$\Delta \bar{X} = (X_i - \bar{X}).$$

Bei Angabe des relativen Fehlers in Prozenten ergibt sich der prozentuale Fehler

$$\delta\,\% = \frac{\Delta \bar{X} \cdot 100\,\%}{\bar{X}}.$$

Wird z. B. beim Experiment I/3 (Stoßpendel) der absolute Fehler der Amplitude $\Delta \bar{y}_{max} = \pm$ 1 cm geschätzt und als Mittelwert einer Meßreihe $\bar{y}_{max}$ = 9,65 cm errechnet, so ist der relative Fehler $\frac{\Delta \bar{y}_{max}}{\bar{y}_{max}} = \frac{\pm\ 1\ \text{cm}}{9{,}65\ \text{cm}} = \pm\ 0{,}104.$

Der prozentuale Fehler beträgt also rund $\pm$ 11 %.

Einfluß der Fehler auf das Meßergebnis, Meßunsicherheit

Zum Meßergebnis

Die Meßwerte werden meist durch mathematische Beziehungen zu Meßergebnissen verknüpft. Dabei gehen die Fehler ebenfalls in das Meßergebnis ein. Die Berechnung des Fehlers eines Meßergebnisses erfolgt nach Formeln, die mit Hilfe der Differentialrechnung hergeleitet, **im Unterricht der Abiturstufe aber nicht gelehrt und angewendet werden.**

Anhand der relativen Fehler ist es Ihnen aber besonders bei den Experimenten der Gruppe I der Kl. 11 möglich einzuschätzen, welche Meßgröße den größten relativen Fehler besitzt. Eine Schülergruppe ermittelte beispielsweise für das Experiment 1/3 folgende Werte: Massen $\overline{m}_1 = 770$ g, $\overline{m}_2 = 50$ g, Schwingungsdauer $\overline{T} = 2{,}06$ s und Amplitude $y_{max} = 9{,}65$ cm. Die absoluten Fehler wurden $\Delta\overline{m} = \pm 1$ g, $\Delta\overline{T} = \pm 0{,}1$ s und $\Delta y_{max} = \pm 1$ cm geschätzt.

Damit wurden folgende relative Fehler errechnet:

$$\delta_1 = \frac{\Delta\overline{m}_1}{\overline{m}_1} \qquad \delta_2 = \frac{\Delta\overline{m}_2}{\overline{m}_2} \qquad \delta_3 = \frac{\Delta\overline{T}}{\overline{T}} \qquad \delta_4 = \frac{\Delta\overline{y}_{max}}{\overline{y}_{max}}$$

$$\delta_1 = \frac{\pm 1\ \text{g}}{770\ \text{g}} \qquad \delta_2 = \frac{\pm 1\ \text{g}}{50\ \text{g}} \qquad \delta_3 = \frac{\pm 0{,}1\ \text{s}}{2{,}06\ \text{s}} \qquad \delta_4 = \frac{\pm 1\ \text{cm}}{9{,}65\ \text{cm}}$$

$$\underline{\delta_1 = \pm 0{,}0013} \qquad \underline{\delta_2 = \pm 0{,}02} \qquad \underline{\delta_3 = \pm 0{,}048} \qquad \underline{\delta_4 = \pm 0{,}104}$$

$$\delta\,\% = \delta \cdot 100\,\%$$

$\delta_1 = \pm 0{,}1\,\%$ $\quad \delta_3 = \pm 5\,\%$

$\delta_2 = \pm 2\,\%$ $\quad \delta_4 = \pm 11\,\%$

Die gerundeten prozentualen Fehler lauten in der gleichen Reihenfolge $\pm 0{,}1\,\%$; $\pm 2\,\%$; $\pm 5\,\%$; $\pm 11\,\%$. Aus dieser Berechnung ist ersichtlich, daß der Fehler bei der Messung der Amplitude am größten ist. Sein Einfluß auf das Meßergebnis hängt von der Struktur der Größengleichung zur Berechnung des Meßergebnisses ab. Dazu erhalten Sie, wenn nötig, Hinweise bei den einzelnen Experimenten (z. B. I/2 Kl. 11). Stehen die Größen in der 1. Potenz, so gewinnt der größte relative Fehler auch den größten Einfluß auf das Meßergebnis. Die damit behaftete Meßgröße ist deshalb besonders sorgfältig zu messen.

Das Ergebnis ist nur mit soviel gültigen Ziffern anzugeben, wie der Meßwert besitzt, dessen relativer Fehler den größten Einfluß auf das Meßergebnis hat.

Meßunsicherheit. Der Einfluß aller zufälligen und nur abschätzbaren systematischen Fehler (dabei wird vorausgesetzt, daß die erfaßbaren systematischen Fehler berichtigt sind) auf das Meßergebnis wird in der Meßunsicherheit zusammengefaßt. Sie führen im Praktikum keine Fehlerrechnung durch, deshalb wird die Angabe der Fehlergrenze von Ihnen nicht gefordert. Sie müssen Fehlereinflüsse getrennt nach Fehlerarten bei allen Experimenten erkennen, abschätzen und bei der Formulierung des Ergebnisses berücksichtigen.

Wurfbahn eines Körpers | I/1

Aufgabe

Ermitteln Sie die Wurfbahn eines horizontal abgeworfenen Körpers experimentell und theoretisch!

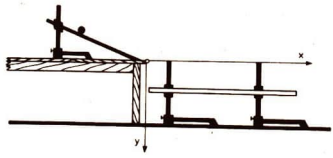
Vorbetrachtungen

1. Erklären Sie das Zustandekommen der Wurfbahn, wenn eine rollende Kugel den horizontalen Teil ihrer Bahn verlassen hat (vgl. Experimentieranordnung). Gehen Sie dabei auch auf die Unabhängigkeit der Teilbewegungen voneinander ein!
2. Geben Sie die Ort-Zeit-Gesetze der Bewegungskomponenten $x = f(t)$ in x-Richtung und $y = f(t)$ in y-Richtung an. Diese bilden eine Parameterdarstellung der Wurfbahn $y = f(x)$. Eliminieren Sie aus beiden Gleichungen die Zeit t. Sie erhalten dann die Gleichung der Funktion $y = f(x)$ der Wurfbahn. Welche Form hat die Wurfbahn?
3. Leiten Sie eine Gleichung $v_0 = f(h)$ zur Berechnung der Geschwindigkeit v_0, mit der die Kugel die geneigte Ebene verläßt, auf zwei unterschiedlichen Wegen her:
   3.1. Errechnen Sie aus einem Kraftansatz die Beschleunigung a. Verwenden Sie dazu das Newtonsche Grundgesetz und eine Gleichung für die Hangabtriebskraft, die h enthält (h: Ablaufhöhe der Kugel über der Tischplatte). Errechnen Sie mit a aus geeigneten Gesetzmäßigkeiten der gleichmäßig beschleunigten Bewegung $v_0 = f(h)$!
   3.2. Ermitteln Sie $v_0 = f(h)$ mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes der Mechanik! Welcher Weg ist einfacher und damit zweckmäßiger?

Geräte und Hilfsmittel

1 Experimentierbrett als geneigte Ebene (SEG)
2 V-Fuß (SEG)
3 Stativstab 250 mm (SEG)
4 Achszapfen 80 mm (SEG)
5 Kreuzmuffe (SEG)
6 Zwei Stativstäbe 1 000 mm
7 Zwei V-Füße (groß)
8 Stelltisch
9 Vertikalmeßstab mit Zeiger
10 Stahlkugel
11 Lot
12 Wasserwaage
13 Kohlepapier
14 Zeichenpapier
15 Selbstklebeband

Experimentieranordnung



Fehlerhinweis:

Kugel springt beim Übergang von der geneigten zur waagerechten Ebene	Papierstreifen über die Übergangsstelle kleben

Ablauf des Experiments

1. Benutzen Sie die vorgegebene Experimentieranordnung (vgl. Abbildung)! Richten Sie den Stelltisch mit der Wasserwaage aus! Benutzen Sie das Lot, um zu sichern, daß die Vorderkante des Zeichenblattes genau senkrecht unter der Abwurfstelle liegt!
2. Legen Sie auf den Stelltisch Zeichenpapier, darüber Kohlepapier und darauf nochmals Zeichenpapier! Befestigen Sie alles mit einigen Klebestreifen!
3. Stellen Sie die geneigte Ebene auf die Höhe $h_1 = 10$ cm ein! Lassen Sie die Kugel stets von der zu h_1 gehörenden Stelle auf der geneigten Ebene abrollen! Sie hinterläßt auf dem unteren Zeichenpapier Abdrücke des Kohlepapiers. Nach Abschluß der Messungen und Lösen der Klebestreifen können Sie die Abszissen x_i ermitteln.
4. Vergrößern Sie die Falltiefen der Kugel von der Tischplatte ausgehend um jeweils 5 cm bis 80 cm! Richten Sie die Anordnung stets neu mit Wasserwaage und Lot aus! Bestimmen Sie für jede Falltiefe y den Mittelwert $\bar{x}$ der zugehörigen Wurfweite aus jeweils 3 Messungen!
5. Nehmen Sie eine zweite Wurfbahn zur Höhe $h_2 = 15$ cm der geneigten Ebene auf!

Meßprotokolle

1. für $h_1 = 10$ cm
2. für $h_2 = 15$ cm

Lfd. Nr.	y in cm	x_1 in cm	x_2 in cm	x_3 in cm	$\bar{x}$ in cm
1	5				
2	10				
.	.				
.	.				
.	.				
16	80				

Auswertung

1. Stellen Sie für die beiden Höhen h_1 und h_2 die experimentell ermittelten Wurfbahnen in je einem x-y-Koordinatensystem grafisch dar!
2. Berechnen Sie die jeweilige Abwurfgeschwindigkeit v_0 der Kugel zu den Höhen h_1 und h_2!
3. Errechnen Sie mit Hilfe der in der Vorbetrachtung aufgestellten Funktionsgleichung $y = f(x)$ und den Werten für v_0 einige Wertepaare x; y für jede Wurfbahn!
4. Zeichnen Sie in die bei 1. der Auswertung benutzten Koordinatensysteme auch die zugehörige, rechnerisch ermittelte Wurfbahn ein!
5. Vergleichen Sie die beiden Graphen im gleichen Koordinatensystem, und begründen Sie durch Angeben von systematischen und zufälligen Fehlern eventuell auftretende Abweichungen!
6. Warum sind die Wurfweiten in den theoretisch ermittelten Wurfbahnen stets etwas größer, als sie im Experiment gemessen wurden?

Wurfgeschwindigkeit	**1/2**

Aufgabe

Bestimmen Sie für unterschiedliche Federspannungen die Abwurfgeschwindigkeit v_0, mit der eine Kugel beim senkrechten Wurf nach oben ein Federwurfgerät verläßt!

Vorbetrachtungen

1. Erläutern Sie die Bewegungen, die eine Kugel beim senkrechten Wurf nach oben gleichzeitig ausführt! Gehen Sie dabei auch auf die Unabhängigkeit der Teilbewegungen voneinander ein!
2. Sie ermitteln v_0 experimentell aus der Steighöhe s_h! Leiten Sie mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes der Mechanik eine Gleichung für die Berechnung von v_0 mit Hilfe von s_h her!
3. Außerdem ermitteln Sie v_0 experimentell aus der Wurfdauer t_w. Setzen Sie im Weg-Zeit-Gesetz des senkrechten Wurfes nach oben $s = 0$, und errechnen Sie die Wurfdauer t_w! Interpretieren Sie die erhaltenen Lösungen, und stellen Sie die geeignete Lösung nach v_0 um!
4. Zeigen Sie, daß beide Gleichungen zur Berechnung von v_0 äquivalent sind. Beachten Sie dabei den Zusammenhang zwischen Wurfdauer und Steigzeit: $t_w = 2\,t_h$!

   4.1. Setzen Sie in die Gleichung für die Wurfhöhe ($s_h = v_0 \cdot t_h - \frac{g}{2} \cdot t_h^2$) die bei

   2. ermittelte Gleichung, umgestellt nach s_h, ein! Sie erhalten die Gleichung, die Sie bei 3. hergeleitet haben.

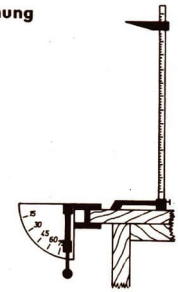
4.2. Setzen Sie in die Gleichung für die Wurfhöhe die bei 3. ermittelte Gleichung für t_w mit $t_w = 2\,t_h$ ein! Sie erhalten die bei 2. hergeleitete Gleichung.

4.3. Setzen Sie in die bei 2. ermittelte Gleichung die Gleichung für die Wurfhöhe ein! Sie erhalten die bei 3. ermittelte Gleichung.

Geräte und Hilfsmittel

1 Wurfgerät
2 Tischklemme
3 Stativstab 250 mm
4 Vertikalmeßstab mit Zeiger
5 Stahlkugel
6 Stoppuhr

Experimentieranordnung



Ablauf des Experiments

1. Befestigen Sie das Wurfgerät am Stativ, und stellen Sie die Anordnung so auf, daß beim Experimentieren keine Unfälle auftreten können!
2. Benutzen Sie zuerst die Federspannung 2!
3. Messen Sie fünfmal die Zeit t_w, die vergeht, bis die abgeschossene Kugel wieder die Abwurfhöhe erreicht! Beachten Sie, daß bei diesen kurzen Zeiten schnell und genau beobachtet werden muß! Wählen Sie stets den gleichen Beobachtungspunkt!
4. Werfen Sie erneut die Kugel mit Federspannung 2 nach oben ab, und messen Sie die Steighöhe s_h! Ermitteln Sie dazu zunächst bei einigen Würfen die Zeigerstellung des Vertikalmeßstabes, die dem Gipfelpunkt nahekommt! Sie schränken damit den persönlichen Meßfehler ein. Präzisieren Sie danach bei jedem Wurf die Zeigerstellung, und lesen Sie s_h ab! Führen Sie fünf Messungen von s_h durch! Beachten Sie auch hier die Hinweise von 3.!
5. Wiederholen Sie 3. und 4. mit Federspannung 3!

Meßprotokolle

zu Federspannung 2
zu Federspannung 3

Lfd. Nr.	t_w in s	s_h in cm
1 . . . 5		
Σ		
	$\bar{t}_w =$	$\bar{s}_h =$

Auswertung

1. Berechnen Sie die zu jeder Federspannung gehörige Abwurfgeschwindigkeit mit Hilfe des jeweiligen Mittelwertes der Wurfzeiten!

2. Berechnen Sie die zu jeder Federspannung gehörige Abwurfgeschwindigkeit mit Hilfe des jeweiligen Mittelwertes der Gipfelhöhe!
3. Vergleichen Sie die einander entsprechenden Geschwindigkeiten!
4. Schätzen Sie die absoluten Fehler Ihrer Zeit- und Höhenmessungen, begründen Sie Ihre Schätzungen!
5. Errechnen Sie den relativen Größtfehler der Abwurfgeschwindigkeit! Er ist gleich dem relativen Größtfehler der Zeitmessung bzw. gleich dem halben relativen Größtfehler der Höhenmessung.
6. Ist als Ergebnis Ihrer Fehlerbetrachtung eine Meßmethode zu bevorzugen?

Geschwindigkeit einer Kugel bei unelastischem Stoß — I/3

Aufgabe

Bestimmen Sie die Geschwindigkeit v_1 eines Körpers mit Hilfe eines Stoßpendels!

Vorbetrachtungen

1. Informieren Sie sich anhand Lehrbuch Physik Kl. 11, S. 41 und Bild 42/1, über Aufbau und Aufgabe eines Stoßpendels! Vergleichen Sie damit Aufbau und Aufgabe der Experimentieranordnung! Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede!
2. Leiten Sie mit Hilfe des Impulserhaltungssatzes eine Gleichung für die Geschwindigkeit v_1 eines unelastisch stoßenden Körpers her, wenn der gestoßene Körper vor dem Stoß in Ruhe ist!
3. Ermitteln Sie mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes (Annahme: Für die gemeinsam schwingenden Körper gilt $E_{kin} = E_{pot}$) eine Gleichung für die Geschwindigkeit u nach dem Stoß in Abhängigkeit von der Auslenkhöhe h (vgl. Bild 17/1)! Ersetzen Sie damit u in der Gleichung von 2! Sie erhalten eine Gleichung, die die Ermittlung der Geschwindigkeit v_1 aus der Auslenkhöhe h bei bekannten Massen ermöglicht!
4. Die Auslenkhöhe ist in diesem Experiment schwer meßbar. Deshalb ersetzt man sie durch die Amplitude y_{max} und die Schwingungsdauer T des Stoßpendels. Man wendet dazu den Satz des Pythagoras auf das Dreieck MBC (Bild 17/1) an und erhält $l^2 = y^2_{max} + (l - h)^2$. Stellen Sie diese Gleichung nach h um! Vernachlässigen Sie dabei den Summanden h^2! Das ist für kleine Auslenkungen eine mögliche Näherung. Setzen Sie den für h erhaltenen Term in die Gleichung für v_1 ein! Sie erhalten $v_1 = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \cdot y_{max} \cdot \sqrt{\frac{g}{l}}$. Den Term $\sqrt{\frac{g}{l}}$ ersetzt man mit Hilfe der Gleichung für die Schwingungsdauer eines Pendels: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. Stellen Sie diese Gleichung nach $\sqrt{\frac{g}{l}}$ um! Sie erhalten dann die zur Lösung der

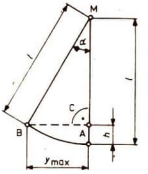
experimentellen Aufgabe anzuwendende Gleichung $v_1 = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot y_{max}$.

Führen Sie die erläuterten Umformungen bis zur Gleichung für v_1 selbständig durch!

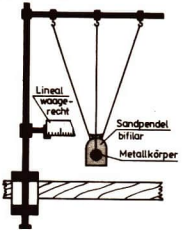
Geräte und Hilfsmittel

1 Metallkörper $m_1 \approx 500$ g
2 Sandpendel $m_2 \approx 300$ g
3 Pendelfäden
4 Waage
5 Wägesatz
6 Stoppuhr
7 Meßstab mit Halterung (SEG)
8 Tischklemme
9 Stativstab 1000 mm
10 Stativstab 250 mm
11 Zwei Kreuzmuffen
12 Drei Ringhaken

Experimentieranordnung



17/1



17/2

Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie das Stoßpendel entsprechend der Experimentieranordnung auf!
2. Bestimmen Sie durch Wägung die Massen der Pendelkörper!
3. Lenken Sie das Metallpendel um $\alpha \leqq 10°$ aus, und lassen Sie es gegen das Sandpendel stoßen! Ermitteln Sie die Schwingungsdauer T der gemeinsam schwingenden Pendel aus der Zeit t für 10 Schwingungen!
4. Wiederholen Sie 3. noch viermal!
5. Lenken Sie das Metallpendel erneut um den gleichen Winkel aus! Messen Sie die Amplituden y_{max} nach dem Stoß! Mitteln Sie dazu die ersten nach links und rechts gemessenen Amplituden y_{max_l} und y_{max_r}!
6. Wiederholen Sie 5. noch neunmal!

Meßprotokolle

$m_1 = \ldots$ $m_2 = \ldots$

Lfd. Nr.	t in s	T in s
1 . . . 5		
Σ	—	
		$\overline{T} =$

Lfd. Nr.	y_{max_l} in mm	y_{max_r} in mm	y_{max} in mm
1 . . . 10			
Σ	—	—	
			$\overline{y}_{max} =$

Auswertung

1. Berechnen Sie die Mittelwerte der Schwingungsdauer und der Amplitude!
2. Errechnen Sie die Geschwindigkeit v_1 des unelastisch stoßenden Körpers!
3. Geben Sie systematische und zufällige Fehler an, die das Ergebnis beeinflussen!
4. Schätzen Sie die absoluten Fehler Ihrer Messungen der Massen, Schwingungsdauer und Amplitude! Begründen Sie Ihre Schätzungen! Errechnen Sie dazu die relativen Größtfehler!
5. Welcher Fehler beeinflußt das Meßergebnis am stärksten? Begründen Sie Ihre Aussage!

Stoßkraft und Stoßdauer — 1/4

Aufgabe

Bestimmen Sie die Stoßkraft und die Stoßdauer, wenn eine Kugel aus einer bestimmten Höhe elastisch auf eine Stahlplatte aufschlägt!

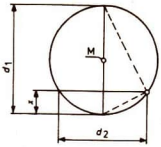
Vorbetrachtungen

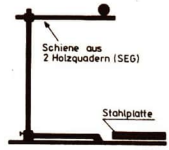
1. Welche Energieumwandlungen finden beim Aufprall der Kugel und der nachfolgenden Reflexion statt?
2. Um die Stoßkraft berechnen zu können, muß bekannt sein, wie stark die Kugel beim Aufprall deformiert wurde. Man erhält die gesuchte Abplattung x, wenn man die Kugel auf eine berußte Stahlplatte auftreffen läßt. Aus dem Kreisabdruck läßt sich die Stärke der Abplattung x ermitteln. Wenden Sie dazu den Höhensatz auf das Dreieck in der Abbildung an!
3. Lösen Sie die mit Hilfe des Höhensatzes erhaltene Gleichung nach x auf!
4. Setzt man die Stoßarbeit W_s gleich der Änderung der potentiellen Energie E_{pot} der Kugel beim Fallen, so erhält man eine Gleichung, die die Berechnung der mittleren Stoßkraft $\overline{F_s}$ ermöglicht. Stellen Sie diese Gleichung nach $\overline{F_s}$ um!
5. Die Stoßdauer t_s erhält man, wenn der Kraftstoß, den die Kugel ausübt, gleich ihrer Impulsänderung gesetzt wird. Geben Sie diese Gleichung an, und stellen Sie sie nach der Stoßdauer t_s um! Verwenden Sie $v = \sqrt{2g \cdot h}$ (Begründung)!

Geräte und Hilfsmittel

1 Meßstab (SEG)
2 V-Fuß (SEG)
3 Stativstab 500 mm (SEG)
4 Stativstab 250 mm (SEG)
5 Drei Kreuzmuffen (SEG)
6 Zwei Holzquader (SEG)
7 Stahlplatte
8 Zwei Kugeln unterschiedlicher Masse (Stahl, Plast)
9 Waage
10 Wägesatz
11 Meßschieber
12 Kerze
13 Streichhölzer

Experimentieranordnung





Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie das Stativ nach Abbildung zusammen!
2. Berußen Sie die Stahlplatte in der Umgebung des Auftreffpunktes der Kugel!
3. Bestimmen Sie die Masse m der Kugel durch Wägung!
4. Messen Sie den Durchmesser d_1 der Kugel an verschiedenen Stellen insgesamt fünfmal mit dem Meßschieber!
5. Lassen Sie die Kugel aus etwa 25 cm Höhe vom Stativ fallen, und fangen Sie die reflektierte Kugel mit der Hand auf! Messen Sie die Fallhöhe unter Beachtung der Dicke der Stahlplatte! Messen Sie mit dem Meßschieber den Durchmesser d_2 des kreisförmigen Abdrucks der Kugel auf der Stahlplatte!
6. Wiederholen Sie 5. noch viermal mit gleicher Kugel und Höhe!
7. Wiederholen Sie 3. bis 6. mit einer anderen Kugel!

Fehlerhinweis:

Durch mehrmaliges Auftreffen der Kugel auf die Stahlplatte kann der Berührungskreis nicht sicher bestimmt werden.	Auffangen der Kugel nach der ersten Reflexion mit der Hand!

Meßprotokolle

für Kugel 1
für Kugel 2
$h = \ldots$
$m = \ldots$

Lfd. Nr.	d_1 in cm	d_2 in cm
1 · · · 5		
Σ		
	$\bar{d}_1 =$	$\bar{d}_2 =$

Auswertung

1. Berechnen Sie für jede Kugel aus den Mittelwerten der Durchmesser die Radien und damit den Betrag der Abplattung!
2. Berechnen Sie die mittlere Stoßkraft und Stoßdauer für jede Kugel!
3. Schätzen Sie die absoluten Fehler der von Ihnen gemessenen Größen, und berechnen Sie deren relativen Größtfehler! Geben Sie Fehlerarten und Fehlerursachen an!

Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Schallwelle in Luft

II/1

Aufgabe

Bestimmen Sie mit Hilfe stehender Wellen in einem Resonanzrohr die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalles in Luft!

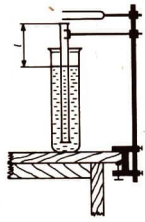
Vorbetrachtungen

1. Überlagern sich zwei Wellen gleicher Amplitude und Frequenz, die in entgegengesetzter Richtung laufen, so entsteht eine stehende Welle, bei der kein Schwingungszustand durch den Raum wandert. Sie besitzt **Schwingungsbäuche** und **-knoten**. Erklären Sie diese beiden Begriffe mit Hilfe des Wissensspeichers Physik, S. 129!
2. Schwingt die Luftsäule in einem Rohr in Resonanz mit einer Stimmgabel, so bildet sich eine stehende Welle, die an dem in das Wasser eintauchenden Rohrende einen Schwingungsknoten, am offenen Ende einen Schwingungsbauch hat. Zeichnen Sie einen möglichen Verlauf der stehenden Welle in die Skizze der Experimentieranordnung in Ihrem Protokoll ein!
3. Der Abstand zweier Wellenbäuche beträgt die Hälfte der Wellenlänge λ. Zeigen Sie, daß für die Rohrlänge bei Resonanz die Gleichung $l = \frac{2n+1}{4}\lambda\ (n \in N)$ gilt!
4. Stellen Sie die Gleichung aus 3. der Vorbetrachtung nach der Wellenlänge λ um, und setzen Sie den so für λ erhaltenen Term in die Grundgleichung der Wellenausbreitung ein!
5. Stellen Sie die Gleichung aus 4. der Vorbetrachtung nach der Frequenz f um! Sie erhalten eine Bestimmungsgleichung für die Frequenz der Stimmgabel. Begründen Sie diese Aussage mit Hilfe Ihrer Kenntnisse über Resonanz!
6. Stellen Sie mit Hilfe des Tafelwerkes die Schallgeschwindigkeit in Luft in Abhängigkeit von der Temperatur grafisch dar!

Geräte und Hilfsmittel

1 Tischklemme
2 Stativstab 1 000 mm
3 Zwei Kreuzmuffen
4 Glasrohrhalter
5 Glasrohr (⌀ 20 bis 30 mm, Länge etwa 750 mm)
6 Stimmgabel bekannter Frequenz
7 Stimmgabel unbekannter Frequenz
8 Anschlaghammer
9 Meßstab 1 000 mm
10 Rohrverschluß (Stab mit Korken oder Ausgleichsgefäß mit Wasser)
11 Thermometer (1/1°-Teilung)

Experimentieranordnung



Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Experimentieranordnung entsprechend der Abbildung auf! Beachten Sie: Die Achsen von Stimmgabel und Resonanzrohr sollen senkrecht zueinander stehen, die Enden beider Zinken müssen in der Rohrachse liegen.
2. Schlagen Sie die Stimmgabel an! Vergrößern Sie langsam die Luftsäule im Rohr durch Senken des Rohrverschlusses! Markieren Sie mit Farbstift die Stellen, an denen Resonanz eintritt! Der Abstand von der oberen Rohröffnung ist dann l_1, l_2, l_3, ...
3. Bestimmen Sie zehnmal die zur am besten feststellbaren Resonanzstelle gehörige Rohrlänge l!
4. Messen Sie die Zimmertemperatur!
5. Lesen Sie an der Stimmgabel die Frequenz ab!
6. Wiederholen Sie die Messung der zu einer Resonanzstelle gehörigen Rohrlänge fünfmal mit einer Stimmgabel unbekannter Frequenz!

Fehlerhinweis

Sie erhalten mehrere Resonanzstellen mit unterschiedlicher Tonhöhe.	Sie haben Oberwellen gehört. Orientieren Sie sich auf den tiefsten Ton für die Messung.

Meßprotokoll

Zimmertemperatur $\vartheta =$ °C ,
Frequenz $f =$ Hz

Lfd. Nr.	l in mm
1 . . 10	
	$\bar{l} =$ mm

Stimmgabel unbekannter Frequenz

Lfd. Nr.	l in mm
1 . . 5	
	$\bar{l} =$ mm

Auswertung

1. Berechnen Sie die mittlere Wellenlänge des Schalls in Luft für die Stimmgabel bekannter Frequenz!
2. Berechnen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls in Luft!
3. Vergleichen Sie das Meßergebnis mit dem zur gemessenen Temperatur gehörigen Wert der Schallgeschwindigkeit mit Hilfe Ihres Diagramms!
4. Berechnen Sie die mittlere Wellenlänge des Schalls in Luft für die Stimmgabel unbekannter Frequenz!
5. Berechnen Sie mit der errechneten Schallgeschwindigkeit die Frequenz der Stimmgabel!
6. Geben Sie die Fehlerursachen getrennt nach systematischen und zufälligen Feh-

lern an! Schätzen Sie die Absolutwerte der zufälligen Fehler der gemessenen Rohrlängen! Nutzen Sie diese Abschätzung für eine Aussage über die Meßunsicherheit Ihrer Ergebnisse! Beachten Sie, daß am Rohrende störende Einflüsse auftreten, die die Meßunsicherheit des Ergebnisses erhöhen!

Abschätzen eines Moleküldurchmessers — II/2

Aufgabe

Bestimmen Sie die Größenordnung des Durchmessers eines Ölsäuremoleküls!

Vorbetrachtungen

1. In welcher Betrachtungsweise der Thermodynamik findet der Molekülbegriff Anwendung? Nennen Sie die zum Modell ideales Gas zusammengefaßten Annahmen über Gasmoleküle!
2. In Flüssigkeiten und Festkörpern sind die Zusammenhänge wesentlich komplizierter. Trotzdem können Flüssigkeiten benutzt werden, um die Größenordnung des Durchmessers eines Moleküls zu bestimmen. Man tropft z. B. Ölsäure auf eine Wasseroberfläche. Es bildet sich eine monomolekulare Ölschicht. Sie erkennen diese an farbigen Interferenzerscheinungen. Erklären Sie den Begriff monomolekular!
3. Damit der Durchmesser des Ölflecks nicht zu groß wird, tropfen Sie die Ölsäure in einem Gemisch mit Leichtbenzin auf die Wasseroberfläche, wobei das Leichtbenzin sofort verdampft. Geben Sie eine Gleichung für das Volumen der in einem Tropfen Gemisch enthaltenen Ölsäure an, wenn das Tropfenvolumen und das Mischungsverhältnis bekannt sind! Geben Sie mit Hilfe dieser Gleichung und der Annahme, daß die Ölsäure einen zylindrischen Fleck bildet, eine Gleichung zur Berechnung des Durchmessers des Ölsäuremoleküls an!

Geräte und Hilfsmittel

1 Tropfbürette (SEG)
2 Trichter (SEG)
3 Meßstab (SEG)
4 Becherglas 100 ml (SEG)
5 Fotoschale 500 mm × 600 mm
6 Lykopodiumsporen oder Schwefelpuder
7 Ölsäure-Leichtbenzin-Gemisch
8 Geschirrspülmittel

Fehlerhinweis

Der Tropfen zerfällt beim Aufbringen.	Die Schale enthält noch Spülmittelreste. Spülen Sie mit klarem warmem Wasser nach!
Der Tropfen zieht sich beim Aufbringen zusammen.	Die Schale ist nicht fettfrei. Waschen Sie sie erneut aus!

Ablauf des Experiments

1. Schütteln Sie das Gemisch aus Ölsäure und Leichtbenzin in der Flasche gut durch! Überzeugen Sie sich von der Sauberkeit der Tropfbürette!
2. Füllen Sie die Tropfbürette mit Gemisch! Lassen Sie dreimal 1 ml aus der Tropfbürette in das Becherglas tropfen, zählen Sie die Tropfen, und bestimmen Sie die Tropfenanzahl $\bar{n}$ je ml als Mittelwert der Auszählung!
3. Füllen Sie die fett- und spülmittelfreie Fotoschale zur Hälfte mit Wasser!
4. Zur besseren Abgrenzung des Ölflecks bestäuben Sie die Mitte der Wasseroberfläche mit sehr wenig Lykopodiumsporen oder Schwefelpuder.
5. Bringen Sie vorsichtig einen Tropfen Ölsäure-Leichtbenzin-Gemisch auf die Mitte der Wasseroberfläche auf! Messen Sie den Durchmesser des sich bildenden etwa kreisförmigen Ölflecks! Zerfällt der Ölfleck oder zieht er sich zusammen, dann ist ein neuer Ölfleck zu bilden.
6. Wiederholen Sie das Auftropfen und Ausmessen noch zweimal! Waschen Sie nach jeder Messung die Schale zunächst mit Wasser aus, dem Sie einige Tropfen Geschirrspülmittel zusetzen! Danach spülen Sie mehrmals mit klarem warmem Wasser nach. Nur diese Sorgfalt sichert Ihnen brauchbare Meßwerte.
7. Ändern Sie das Experiment so ab, daß Sie zwei Tropfen gleichzeitig auf die Wasseroberfläche aufbringen! Wiederholen Sie damit 5. und 6.!

Meßprotokoll

Mischungsverhältnis Ölsäure zu Leichtbenzin: ...
Bestimmung der Tropfenanzahl je ml:
Bestimmung des Ölfleckdurchmessers:
- für einen Tropfen
- für zwei Tropfen

Lfd. Nr.	n in ml^{-1}
1 2 3	
Σ	
	$\bar{n} =$

Lfd. Nr.	d in cm
1 2 3	
Σ	
	$\bar{d} =$

Auswertung

1. Berechnen Sie das Tropfenvolumen mit Hilfe des Mittelwertes der Tropfenanzahl $\bar{n}$!
2. Berechnen Sie das Volumen der Ölsäure, die sich in einem bzw. zwei Tropfen befindet!
3. Vergleichen Sie die mit einem und zwei Tropfen ermittelten Moleküldurchmesser untereinander!
4. Geben Sie systematische und zufällige Fehler an, die Sie bei der Durchführung des Experiments erkannten!

Einfacher und gekoppelte Pendelschwinger	II/3

Aufgabe

Untersuchen Sie die Änderung der Amplituden eines Pendelschwingers unter dem Einfluß der Dämpfung! Stellen Sie fest, welchen Einfluß die Dämpfung auf die Resonanz zwischen gekoppelten Pendelschwingern hat!

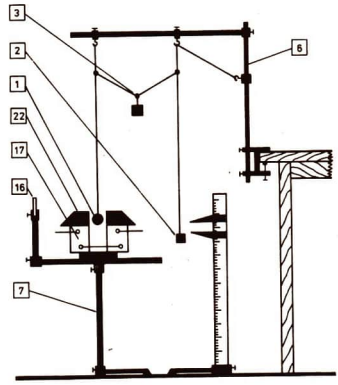
Vorbetrachtungen

1. Erläutern Sie Kenngrößen für Schwingungen!
2. Erklären Sie mit Hilfe geeigneter Diagramme die Begriffe ungedämpfte und gedämpfte Schwingung sowie Resonanz!
3. Unterscheiden Sie freie und erzwungene Schwingungen am Beispiel von Pendelschwingern!
4. Warum werden Schwingungen eines aus einem Nichteisenmetall bestehenden Pendelkörpers in einem Magnetfeld gedämpft? Erläutern Sie kurz zwei weitere Möglichkeiten, Pendelschwingungen zu dämpfen!
5. Entwerfen Sie für die Dämpfung eines Nichteisenmetallkörpers durch einen Elektromagneten einen Schaltplan! Beachten Sie dazu die Abbildung der Experimentieranordnung!
6. Stellen Sie Prognosen über die zu untersuchenden Sachverhalte auf! Begründen Sie Ihre Aussagen mit Hilfe Ihrer Kenntnisse von mechanischen Schwingungen!

Geräte und Hilfsmittel

1 Pendelkörper aus Aluminium ($m \approx 20$ g, z. B. Aufsatz für Reagenzglas aus SEG Kalorik)
2 Pendelkörper aus Messing ($m \approx 200$ g)
3 Pendel- und Kopplungsfäden mit Kopplungskörper $m = 10$ g
4 Tischklemme
5 V-Fuß (groß)
6 Stativstab 1 000 mm
7 Stativstab 750 mm
8 Stativstab 500 mm
9 Stativstab 60 mm
10 Drei Kreuzmuffen
11 Eintache Muffe
12 Drei Ringhaken
13 Stelltisch
14 Vertikalmeßstab, 2 Zeiger

Experimentieranordnung



15 Gliedermeßstab 2 m
16 Meßstab (SEG)
17 Zwei Kastenspulen je 750 Windungen
18 U-Kern (SEG)
19 Meßgerät (POLYTEST)
20 Stromversorgungsgerät STVG 59/50
21 Vier Verbindungsleiter
22 Polschuhe (vom Waltenhofen-Pendel)

Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Experimentieranordnung einschließlich der Schaltung zur Dämpfung für das Resonanzpendel auf! Lassen Sie zunächst das Erregerpendel und die Kopplung weg!
2. Lenken Sie das Resonanzpendel ($l = 1$ m) aus, bis die Auslenkhöhe des Pendelkörpers 2 cm beträgt! Benutzen Sie dazu einen Vertikalmeßstab mit zwei verschiebbaren Zeigern! Messen Sie die Amplituden während 10 Schwingungen jeweils im gleichen Umkehrpunkt bei geringer Dämpfung durch den Luftwiderstand und bei starker Dämpfung mit dem Elektromagneten ($I \approx 2$ A)!
3. Befestigen Sie das Erregerpendel an dem freien Ringhaken, und koppeln Sie es mit dem Resonanzpendel! Um die Rückwirkung des Resonanz- auf das Erregerpendel gering zu halten, muß die Masse des letzteren groß gegenüber der des Resonanzpendels sein.
4. Stellen Sie die Länge des Erregerpendels auf 0,8 m ein! Lenken Sie das Erregerpendel auch wie bei 2. beschrieben aus! Messen Sie bei Luftdämpfung die maximale Auslenkung des Resonanzpendels jeweils im gleichen Umkehrpunkt! Verändern Sie die Länge des Erregerpendels von 0,8 m bis 1,2 m um jeweils 5 cm, und führen Sie die entsprechenden Messungen durch! Wiederholen Sie die Messungen für jede geforderte Länge des Erregerpendels, wenn das Resonanzpendel mit dem Elektromagneten gedämpft wird!

Fehlerhinweis

Das Resonanzpendel wirkt stark auf das Erregerpendel zurück.	Verschieben Sie den Kopplungsfaden nach oben!
Das Resonanzpendel wird kaum angeregt.	Verschieben Sie den Kopplungsfaden nach unten!

Meßprotokoll

Zu 2. Messung der Amplituden der freien Schwingungen
Pendellänge $l = 1$ m

n	y_{max_1} in mm	y_{max_2} in mm
1		
.		
.		
.		
10		

Zu 4. Messung der Amplituden der erzwungenen Schwingungen
Resonanzpendellänge $l = 1$ m

l_E in m	y_{max_1} in mm	y_{max_2} in mm
0,8		
.		
.		
.		
1,2		

n: Anzahl der Schwingungen
y_{max_1}: Amplituden bei Luftdämpfung
y_{max_2}: Amplituden bei Dämpfung mit Elektromagneten

l_E: Länge des Erregerpendels

Auswertung

1. Stellen Sie in einem gemeinsamen Diagramm für beide Dämpfungen in Auswertung von Meßprotokoll (1) $y_{max} = f(n)$ dar! Verbinden Sie die zu geordneten Paaren $[n; y_{max}]$ gehörigen Punkte jeweils durch eine Kurve! Vergleichen Sie die erhaltenen Kurven mit Ihrer bei 6. der Vorbetrachtungen formulierten Prognose!
2. Zeichnen Sie in ein gemeinsames Koordinatensystem in Auswertung von Meßprotokoll (2) die Resonanzkurven $y_{max} = f(l_E)$ für beide Dämpfungen! Markieren Sie die Resonanzstellen! Gewinnen Sie aus dem Kurvenverlauf eine Aussage über den Zusammenhang zwischen Resonanz und Dämpfung! Vergleichen Sie diese mit Ihrer bei 6. der Vorbetrachtungen dazu formulierten Prognose!
3. Nennen Sie systematische und zufällige Fehler, die die Aufnahme der Meßreihen beeinflußten! Schätzen Sie ein, ob die Fehlereinflüsse so klein waren, daß Ihnen gesicherte Aussagen zu den experimentellen Ergebnissen möglich wurden!

Spannungskoeffizient von Luft — II/4

Aufgabe

Bestimmen Sie den Spannungskoeffizienten der Luft mit Hilfe des *p-V-T*-Gerätes!

Vorbetrachtungen

1. In diesem Experiment betrachtet man Luft als ideales Gas. Erklären Sie den Begriff ideales Gas mit der phänomenologischen Betrachtungsweise!

2. Im Volumen-Temperatur-Gesetz des idealen Gases ist der Volumenausdehnungskoeffizient, im Druck-Temperatur-Gesetz der Spannungskoeffizient enthalten. Geben Sie beide Gesetze an!
3. Beim idealen Gas stimmen Spannungs- und Volumenausdehnungskoeffizient überein. Sie haben für alle als ideal betrachteten Gase den gleichen Wert

$$\gamma = \frac{1}{273}\ \mathrm{K}^{-1}.$$

Warum sind in diesem Experiment unabhängig von der gewählten Apparatur und Meßmethode Abweichungen von diesem Wert zu erwarten?
4. Die Bestimmung des Spannungskoeffizienten erfolgt bei einer isochoren Zustandsänderung. Leiten Sie das Gesetz für diese Zustandsänderung aus der Zustandsgleichung des idealen Gases her!
5. Wenn Sie in der erhaltenen Gleichung der isochoren Zustandsänderung $T_a = \frac{1}{\gamma} + \vartheta_a$ und $T_e = \frac{1}{\gamma} + \vartheta_e$ (Umrechnung von °C in K) setzen, erhalten Sie als Gleichung zur Bestimmung des Spannungskoeffizienten

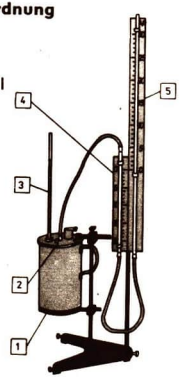
$$\gamma = \frac{p_e - p_a}{p_a \cdot \vartheta_e - p_e \cdot \vartheta_a}.$$

Zeigen Sie die Richtigkeit dieser Aussage! Weisen Sie nach, daß γ die Einheit K^{-1} erhält!

Geräte und Hilfsmittel

1 *p-V-T*-Gerät mit Kochring
2 Entlüftungsschraube
3 Thermometer
4 Volumenskale
5 Druckskale
6 Stromversorgungsgerät STVG 59/60
7 Zwei Stativstäbe 750 mm
8 Stativstab 100 mm
9 Zwei Kreuzmuffen
10 V-Fuß (groß)
11 Kochring
12 Zwei Schalter (SEG)
13 Zwei Grundbretter 3buchsig (SEG)
14 Sechs Verbindungsleiter
15 Becherglas 100 ml (SEG)
16 Geschirrspülmittel
17 Pinsel
18 Wasser
19 Farbstoff

Experimentieranordnung



Fehlerhinweis

Trotz Temperaturanstieg wird die Flüssigkeit im Volumenrohr nicht oder sehr gering nach unten gedrückt.	Überprüfen Sie, ob die Entlüftungsschraube geschlossen ist. Untersuchen Sie die Schlauchverbindung vom Deckel zum Volumenrohr auf undichte Stellen (Bepinseln mit Spülmittelwasser). Dichten Sie diese ab!

Ablauf des Experiments

1. Erfragen Sie beim Lehrer den Luftdruck p_a!
2. Das *p-V-T*-Gerät wird Ihnen fertig aufgebaut vorgegeben. Im Topf befindet sich ein weiterer Aluminiumbehälter, der fest mit dem Gefäßdeckel verbunden ist und ein Luftvolumen von 1000 cm³ beinhaltet, in einem Wasserbad. Dieser Gasbehälter ist über einen Schlauch mit dem Volumenrohr verbunden. In das Druck- und das Volumenrohr wurde gefärbtes Wasser als Manometerflüssigkeit bis zur Nullmarke eingefüllt. Die Nullmarken der Skalen beider Rohre stehen einander gegenüber.
   Das Druckrohr ist auf der Skale möglichst weit nach unten geschoben. Überprüfen Sie diese Angaben an der Experimentieranordnung!
3. Unter dem Deckel des Wassertopfes befinden sich eine Heizwendel (12 V ~) und ein Rührwerk (12 V —, Polung beachten).
   Schließen Sie beide über Schalter mit Verbindungsleitern an das Stromversorgungsgerät an (Stufe 6)!
4. Im Deckel steckt auch das Thermometer. Lesen Sie daran die Anfangstemperatur ϑ_a ab. Beachten Sie, daß man hier Bruchteile von einem Grad schätzen kann!
5. Schließen Sie die am Schlauchanschluß des Deckels befindliche Entlüftungsschraube. Schalten Sie nacheinander das Rührwerk und die Heizwendel ein!
6. Über das Wasserbad wird die Luft im Gasbehälter erwärmt, dehnt sich aus und drückt die Manometerflüssigkeit im Volumenrohr nach unten. Wenn die Temperatur am Thermometer um etwa 1 K gestiegen ist, schalten Sie nacheinander die Heizwendel und das Rührwerk ab.
7. Stellen Sie durch Anheben des Druckrohres das Ausgangsvolumen wieder her ($\Delta V = 0$), und lesen Sie danach die Druckänderung Δp_1 und die Endtemperatur ϑ_{e1} ab!
8. Wiederholen Sie 4. bis 6. des Ablaufs noch viermal!

Meßprotokoll

$\vartheta_a = \ldots$ °C $\qquad\qquad$ $p_a = \ldots$ Pa

Lfd. Nr.	ϑ_e in °C	$p_e = p_a + \Delta p$ in Pa	γ in K^{-1}
1 . . 5			
Σ	—	—	
			$\overline{\gamma} =$ K^{-1}

Auswertung

1. Berechnen Sie aus jeder Messung den Spannungskoeffizienten!
2. Errechnen Sie den Mittelwert des Spannungskoeffizienten, und vergleichen Sie ihn mit dem Wert aus der Vorbetrachtung!

3. Geben Sie systematische und zufällige Fehler an, die das Meßergebnis beeinflußten! Schließen Sie aus dem Vergleich des Meßergebnisses mit dem Wert aus der Vorbetrachtung auf den Einfluß dieser Fehler!

Spezifische Wärmekapazität einer Flüssigkeit	**III/1**

Aufgabe

Bestimmen Sie die spezifische Wärmekapazität von Spiritus durch Vergleich von aufgewandter elektrischer Arbeit und Änderung der inneren Energie der Flüssigkeit!

Vorbetrachtungen

1. Wie ist der Wirkungsgrad definiert?
2. Der Wirkungsgrad einer Apparatur für die Umwandlung elektrischer Arbeit in innere Energie der Flüssigkeit wird mit Hilfe von Wasser ermittelt. Danach wird er auf die gleiche Apparatur, gefüllt mit Spiritus, angewendet. Zur Vereinfachung der Messungen vernachlässigen Sie die Wärmekapazität K und verwenden die Näherung $\eta_{\text{Spiritus}} = \eta_{\text{Wasser}}$.
3. Geben Sie je eine Gleichung für die Berechnung der durch die Heizwendel verrichteten elektrischen Arbeit und der dadurch bewirkten Änderung der inneren Energie des Wassers an! Stellen Sie mit diesen Gleichungen und der Definition aus 1. eine Gleichung für den Wirkungsgrad auf! Nennen Sie die zur Bestimmung des Wirkungsgrades η_{Wasser} zu messenden Größen!
4. Geben Sie eine entsprechende Gleichung für η_{Spiritus} an! Stellen Sie diese nach der spezifischen Wärmekapazität c_S des Spiritus um. Wenden Sie die Näherung $\eta_{\text{Spiritus}} = \eta_{\text{Wasser}}$ auf die Gleichung an! Nennen Sie die zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität c_S zu messenden Größen!
5. Wie bestimmt man die Masse einer Flüssigkeit über eine Messung des Volumens?
6. Entnehmen Sie dem Tafelwerk den Siedepunkt von Spiritus! Bei der Erwärmung des Spiritus sollten Sie weit unter dieser Siedetemperatur bleiben. Begründen Sie diese Forderung!

Zu Geräten, Hilfsmitteln und Experimentieranordnung

Entwickeln Sie einen zur Durchführung des Experiments geeigneten Schaltplan, und stellen Sie eine Liste aller benötigten Geräte und Hilfsmittel auf. Nutzen Sie dazu die Beschreibung des Ablaufs des Experiments, Ihre Vorbetrachtungen und Lehrbuch Physik Kl. 11, Bild 80/1!

Ablauf des Experiments

1. Setzen Sie ein Kalorimeter aus Aufbauteilen zusammen, und füllen Sie es zu etwa 80% mit Wasser! Führen Sie vor dem Erwärmen des Wassers die zur Bestimmung des Wirkungsgrades nötigen Messungen durch!
2. Legen Sie an die äußeren Anschlüsse der Heizwendel etwa 12 V~ an, und erwärmen Sie das Wasser unter ständigem Rühren, bis Sie eine wesentlich über der Zimmertemperatur liegende Endtemperatur erhalten! Führen Sie die während und nach Abschluß des Erwärmens nötigen Messungen zur Bestimmung des Wirkungsgrades durch!
3. Entleeren und trocknen Sie das Kalorimetergefäß! Füllen Sie es zu etwa 80% mit Spiritus! Führen Sie vor dem Erwärmen die zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität nötigen Messungen durch!
4. Erwärmen Sie den Spiritus mit der Heizwendel, bis die Endtemperatur etwa 40 °C beträgt! Führen Sie die während und nach Abschluß des Erwärmens nötigen Messungen zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität durch!
5. Wiederholen Sie 1. bis 4. (Kontrollmessung)!

Meßprotokolle

Bereiten Sie zwei Meßprotokolle vor:
1. zur Bestimmung des Wirkungsgrades der Experimentieranordnung bei Verwendung von Wasser als Kalorimeterflüssigkeit,
2. zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Spiritus.

Planen Sie die Meßprotokolle jeweils für eine Messung und eine Kontrollmessung!

Auswertung

1. Berechnen Sie den Wirkungsgrad der Experimentieranordnung und die spezifische Wärmekapazität von Spiritus mit den Werten der Messung!
2. Wiederholen Sie die Berechnung mit den Werten der Kontrollmessung!
3. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse untereinander und mit dem Wert der spezifischen Wärmekapazität von Spiritus $c_S = 2{,}47\ kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ aus dem Tafelwerk! Geben Sie Ursachen für Abweichungen an, und unterscheiden Sie dabei systematische und zufällige Fehler!
4. Geben Sie Hinweise, wie in diesem Experiment grobe Fehler vermieden und andere Fehlereinflüsse niedrig gehalten werden können!

Spezifische Wärmekapazität einer Flüssigkeit (kalorimetrische Messung) — III/2

Aufgabe

Bestimmen Sie die spezifische Wärmekapazität von Spiritus durch kalorimetrische Messungen!

Vorbetrachtungen

1. Erläutern Sie das Prinzip einer kalorimetrischen Messung mit Hilfe des Schemas im Lehrbuch Physik Kl. 11 (Bild 80/1)!
2. Wenden Sie das Prinzip der kalorimetrischen Messung auf Spiritus an! Stellen Sie eine Energiebilanz unter Beachtung der Wärmekapazität K des Gefäßes auf, und formen Sie die erhaltene Gleichung nach der spezifischen Wärmekapazität c_s von Spiritus um!
3. Den Wert K für die Wärmekapazität erfragen Sie beim Lehrer.
4. Wie bestimmt man die Masse einer Flüssigkeit über eine Messung des Volumens?
5. Entnehmen Sie dem Tafelwerk den Siedepunkt von Spiritus! Die Erwärmung des Spiritus ist weit unter der Siedetemperatur abzubrechen! Begründen Sie diese Forderung!

Zu Geräten, Hilfsmitteln und Experimentieranordnung

Stellen Sie die Liste der benötigten Geräte und Hilfsmittel auf! Nutzen Sie dazu die Beschreibung des Ablaufs des Experiments, die Vorbetrachtungen und Lehrbuch Physik Kl. 11, Bild 80/1!

Ablauf des Experiments

1. Stellen Sie ein Kalorimeter aus Aufbauteilen zusammen, und füllen Sie es mit Spiritus, dessen Masse Sie bestimmen!
2. Entnehmen Sie etwa die Hälfte des Spiritus! Bestimmen Sie seine Masse, und füllen Sie ihn in einen Aluminiumtopf!
3. Führen Sie am im Kalorimetergefäß befindlichen Spiritus die benötigte Messung durch!
4. Erwärmen Sie unter Beachtung von 5. der Vorbetrachtung den im Aluminiumtopf befindlichen Spiritus auf einer Heizplatte! Führen Sie nach Abschluß des Erwärmens die benötigte Messung durch!
5. Füllen Sie den erwärmten Spiritus mit in das Kalorimetergefäß! Mischen Sie beide Spiritusmengen gut, und führen Sie danach die benötigte Messung durch!
6. Wiederholen Sie 1. bis 5. (Kontrollmessung)!

Meßprotokoll

Bereiten Sie das Meßprotokoll vor! Planen Sie eine Messung und eine Kontrollmessung für jeden Meßwert!

Auswertung

1. Berechnen Sie die spezifische Wärmekapazität des Spiritus mit den Werten der Messung und der gegebenen Wärmekapazität!
2. Wiederholen Sie die Berechnung mit den Werten der Kontrollmessung und der gegebenen Wärmekapazität!

3. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse untereinander und mit dem Wert der spezifischen Wärmekapazität von Spiritus $c_S = 2{,}47\ kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ aus dem Tafelwerk! Geben Sie Ursachen für Abweichungen an, und unterscheiden Sie dabei systematische und zufällige Fehler!
4. Geben Sie Hinweise, wie in diesem Experiment grobe Fehler vermieden und andere Fehlereinflüsse niedrig gehalten werden können! Verwenden Sie zur Beantwortung auch die Anleitung zum Schülerexperiment Th 1 (S. 63)!

Linearer Ausdehnungskoeffizient — III/3

Aufgabe

Bestimmen Sie die linearen Ausdehnungskoeffizienten für Aluminium und Stahl aus der Längenänderung von Rohren dieser Stoffe durch Temperaturerhöhung!

Vorbetrachtungen

1. Geben Sie Formelzeichen und Einheit des linearen Ausdehnungskoeffizienten an! Nennen Sie seine Eigenschaften!
2. Geben Sie eine Gleichung für die Längenänderung der Festkörper bei isobarer Erwärmung an! Stellen Sie diese Gleichung nach dem linearen Ausdehnungskoeffizienten um! Erläutern Sie, welche Größen zur Bestimmung des linearen Ausdehnungskoeffizienten zu messen sind!
3. Entnehmen Sie dem Tafelwerk die linearen Ausdehnungskoeffizienten für Aluminium und Stahl!
4. Wiederholen Sie anhand Lehrbuch Physik Kl. 11, S. 93 und Bild 93/1, den prinzipiellen Aufbau und Ablauf eines Experiments zur Messung der isobaren Längenänderung eines Metalls! In etwa gleicher Weise werden Sie die experimentelle Aufgabe lösen.

Zu Geräten, Hilfsmitteln und Experimentieranordnung

Stellen Sie am Experimentierplatz mit Hilfe der dort vorgegebenen Experimentieranordnung eine Liste der benötigten Geräte und Hilfsmittel auf!

Ablauf des Experiments

1. Schließen Sie zuerst die Heizplatte an, und erwärmen Sie etwa 20 ml Wasser im offenen Erlenmeyerkolben bis zur Siedetemperatur!
2. Analysieren Sie in dieser Zeit die Experimentieranordnung, und stellen Sie die Geräteliste auf!
3. Beginnen Sie mit dem Aluminiumrohr! Messen Sie die vor der Temperaturerhöhung zu bestimmenden Größen!

4. Spannen Sie das Rohr am konischen Ende (Markierung beachten!) in die Kreuzmuffe ein, und lagern Sie es spannungsfrei auf der Rolle! Führen Sie den Feinmeßzeiger so an das Rohr, daß dessen Tastbolzen die am Metallrohr angebrachte Lasche berührt! Durch Drehen der Skale ist der Zeiger auf Null zu stellen!
5. Verbinden Sie das konische Rohrende mit dem Schlauch am Stopfen, der zum Verschluß des Erlenmeyerkolbens bereitliegt!
6. Erwärmen Sie das Rohr durch den Dampf siedenden Wassers, indem Sie den Stopfen auf den Erlenmeyerkolben aufsetzen **(Handschuhe benutzen!)**! Beobachten Sie das Meßgerät! Vermeiden Sie jede Erschütterung der Apparatur!
7. Wenn aus dem Rohr kein Kondenswasser mehr austritt, messen Sie alle nach der Temperaturerhöhung zu bestimmenden Größen!
8. Wechseln Sie das Aluminiumrohr vorsichtig gegen ein Stahlrohr aus **(Handschuhe benutzen!)**! Wiederholen Sie die Arbeitsschritte 3. bis 7.!

Meßprotokoll

Bereiten Sie das Meßprotokoll für je eine Messung zu jedem Metallrohr vor!

Auswertung

1. Berechnen Sie die linearen Ausdehnungskoeffizienten der Metalle!
2. Vergleichen Sie Ihre Meßergebnisse mit den in den Vorbetrachtungen angegebenen Werten aus dem Tafelwerk!
3. Schätzen Sie die absoluten Fehler Ihrer Meßwerte, berechnen Sie den relativen Fehler und überdenken Sie deren Einfluß auf das Meßergebnis! Begründen Sie damit Abweichungen zwischen Ihren Meßergebnissen und den Werten aus dem Tafelwerk!
4. Geben Sie Hinweise, wie in diesem Experiment grobe Fehler vermieden und andere Fehlereinflüsse niedrig gehalten werden können!

Spezifische Schmelzwärme von Eis — III/4

Aufgabe

Bestimmen Sie mit kalorimetrischen Messungen die spezifische Schmelzwärme von Eis!

Vorbetrachtungen

1. Erläutern Sie den Schmelzvorgang mit Hilfe eines *T*-*Q*-Diagramms!
2. Geben Sie Formelzeichen, Einheit und Definitionsgleichung der spezifischen Schmelzwärme an! Stellen Sie die Gleichung nach der Schmelzwärme um!
3. Das Experiment wird so durchgeführt, daß man gut abgetrocknetes Eis von 0 °C in ein mit warmem Wasser teilweise gefülltes Kalorimetergefäß bringt. Dadurch werden einerseits das Eis geschmolzen und das Schmelzwasser erwärmt, ande-

rerseits wird das Gefäß einschließlich dem darin befindlichen warmen Wasser abgekühlt (/ Lehrbuch Physik Kl. 11, S. 80). Stellen Sie für diesen Vorgang eine Energiebilanz auf! Formen Sie die so erhaltene Gleichung nach der spezifischen Schmelzwärme um! Geben Sie alle Größen an, die zur Ermittlung der spezifischen Schmelzwärme zu messen oder dem Tafelwerk zu entnehmen sind!

4. Außerdem benötigen Sie die Wärmekapazität K des Kalorimeters. Geben Sie eine Gleichung zur Bestimmung von K an (/ Anleitung und Protokoll zum Schülerexperiment Th 1, S. 63)! Nennen Sie alle zur Bestimmung von K zu messenden oder dem Tafelwerk zu entnehmenden Größen!
5. Wie bestimmt man die Masse von Wasser über eine Messung des Volumens?
6. Entnehmen Sie dem Tafelwerk den Wert der spezifischen Schmelzwärme von Eis!

Zu Geräten, Hilfsmitteln und Experimentieranordnung

Stellen Sie eine Liste der benötigten Geräte und Hilfsmittel auf! Nutzen Sie dazu die Vorbetrachtungen, die Beschreibung des Ablaufs des Experiments, Anleitung und Protokoll des Schülerexperiments Th 1 und Bild 92/2 (Lehrbuch Physik Kl. 11)!

Ablauf des Experiments

1. Setzen Sie ein Kalorimeter aus Aufbauteilen zusammen!
2. Füllen Sie das Kalorimeter zur Hälfte mit Wasser! Messen Sie alle zur Bestimmung der Wärmekapazität K benötigten Größen! Verwenden Sie dazu den in der Anleitung zum Schülerexperiment Th 1 beschriebenen Ablauf!
3. Füllen Sie danach das Kalorimetergefäß erneut zur Hälfte mit warmem Wasser! Ermitteln Sie alle Werte, die vor Zugabe des Eises zur Bestimmung der spezifischen Schmelzwärme zu messen sind! Beachten Sie, daß Sie auch die Masse des warmen Wassers zur Errechnung der Masse des Eises benötigen! Bestimmen Sie die Massen einheitlich durch Wägung oder über Volumenmessungen!
4. Trocknen Sie drei bis vier Eiswürfel mit Fließpapier gut ab, geben Sie diese in das Kalorimetergefäß, und warten Sie unter mehrfachem Rühren das vollständige Schmelzen des Eises ab!
5. Bestimmen Sie alle nach dem Schmelzvorgang zu ermittelnden Werte! Messen Sie auch die Gesamtmasse des Wassers im Kalorimetergefäß!
6. Errechnen Sie die Masse des Eises durch Differenzbildung aus der Masse des warmen Wassers und der Gesamtmasse!
7. Wiederholen Sie die Arbeitsschritte 3. bis 6.!

Meßprotokoll

Bereiten Sie mit Hilfe des Schülerexperiments Th 1 ein Meßprotokoll zur einmaligen Bestimmung der Wärmekapazität K vor! Entwickeln Sie ein Meßprotokoll für Messung und Kontrollmessung zur Bestimmung der spezifischen Schmelzwärme von Eis!

Auswertung

1. Errechnen Sie die Wärmekapazität K des Kalorimeters! Nutzen Sie das Ergebnis des Schülerexperiments Th 1, S. 63, als Kontrolle!
2. Errechnen Sie die spezifische Schmelzwärme des Eises aus jeder Messung und damit die jeweils zum Schmelzen benötigten Schmelzwärmen!
3. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse untereinander und mit dem Wert der spezifischen Schmelzwärme aus dem Tafelwerk! Geben Sie Ursachen für Abweichungen an, unterscheiden Sie dabei systematische und zufällige Fehler!
4. Geben Sie Hinweise, wie in diesem Experiment grobe Fehler vermieden und andere Fehlereinflüsse niedrig gehalten werden können!

Trägheitsmoment (mit Reifenapparat) — I/1

Aufgabe

Bestimmen Sie das Trägheitsmoment eines Metallreifens (oder Zylinders) und eines Drehstabes mit aufgesetzten Massestücken!

Vorbetrachtungen

1. Das Trägheitsmoment eines Körpers ist ein Maß für dessen Beharrungsvermögen bei der Drehbewegung.
   Geben Sie jeweils eine Gleichung für die Bestimmung des Betrages des Trägheitsmoments bei Rotation
   - einer Punktmasse,
   - eines Zylinders und
   - eines beliebigen Körpers an, und erläutern Sie diese!
2. Beim vorliegenden Experiment werden die Trägheitsmomente eines Metallreifens (Zylinders) und eines Drehstabes mit aufgesetzten Massestücken bestimmt.
   Der Metallreifen (Zylinder) bzw. der Drehstab werden durch die Gewichtskraft eines Körpers mit der Masse m in eine Drehbewegung versetzt (siehe Experimentieranordnung). Durch das Absinken des Körpers um die Höhe h verringert sich seine potentielle Energie um ΔE_{pot} und wird in Rotationsenergie E_{rot} des rotierenden Körpers und in kinetische Energie E_{kin} des absinkenden Körpers umgewandelt. Es gilt:

   $$\Delta E_{pot} = \Delta E_{kin} + \Delta E_{rot}\,.$$

   2.1. Unter welcher Bedingung gilt diese Gleichung?
   2.2. Setzen Sie in diese Gleichung jeweils die Größen ein, die den Betrag der jeweiligen Energie bestimmen, und formen Sie die Gleichung nach dem Trägheitsmoment J um!
3. Um den Betrag des Trägheitsmoments experimentell bestimmen zu können, müssen die Geschwindigkeit v des absinkenden Körpers und die Winkelgeschwindigkeit ω des rotierenden Körpers bestimmt werden.
   3.1. Da sich der Körper gleichmäßig beschleunigt senkt, kann unter Ausnutzung des von ihm in der Zeit t zurückgelegten Weges h seine Geschwindigkeit v bestimmt werden. Wie lautet die Gleichung?
   3.2. Die Geschwindigkeit v des herabsinkenden Körpers stimmt mit der Bahngeschwindigkeit eines beliebigen Punktes auf der Trommel überein. Die Winkelgeschwindigkeit des Reifens (Zylinders) ist gleich der Winkelgeschwindigkeit der Trommel.

Geben Sie die Gleichung zur Berechnung der Winkelgeschwindigkeit an! Bezeichnen Sie den Radius der Trommel mit r_T!

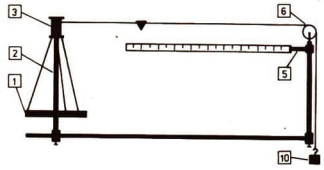
3.3. Zeigen Sie, daß man für das Trägheitsmoment

$$J = m \cdot r_T^2 \left(\frac{g \cdot t^2}{2h} - 1 \right) \text{ erhält!}$$

Geräte und Hilfsmittel

1 Reifen mit Aufhängevorrichtung oder Zylinder
2 Stativstange mit Stahlkugel
3 Trommel mit Schnur
4 Drehstab
5 Meßstab mit Halter
6 Rolle
7 Stativstab (50 cm)
8 Zwei Massestücke (je 250 g)
9 Zwei Massestücke (je 125 g)
10 Körper (50 g, 100 g)
11 Zwei Tischklemmen
12 Stoppuhr

Experimentieranordnung



Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie den Reifenapparat entsprechend der Skizze auf! Die Masse des absinkenden Körpers soll $m = 50$ g betragen.
2. Messen Sie den Durchmesser der Trommel, und bestimmen Sie ihren Radius r_T! Rollen Sie den Faden auf die Trommel auf, bis sich der Zeiger über der Nullmarke der Meßlatte befindet!
3. Legen Sie eine Strecke h fest, und messen Sie die Zeit t, die der Körper beim Absinken um die Strecke h benötigt! Führen Sie diese Messung mindestens fünfmal aus!
4. Wiederholen Sie die Messungen für einen Körper mit der Masse $m = 100$ g!
5. Tauschen Sie den Reifen (Zylinder) gegen den Drehstab aus, und befestigen Sie die beiden Massestücke $\frac{m}{2}$ auf dem Drehstab im gleichen Abstand von der Drehachse!
   Benutzen Sie zuerst die Massestücke zu je 125 g und danach zu je 250 g! Messen Sie den Abstand r der Massestücke vom Drehpunkt bis zum Massenmittelpunkt (die Massestücke können als Punktmassen angesehen werden)!
6. Führen Sie die Messungen analog zu den Arbeitsschritten 2. bis 3. durch! Verwenden Sie als Masse des absinkenden Körpers $m = 50$ g!

Fehlerhinweis

Der Reifen dreht sich nur schwer und ungleichmäßig.	Überprüfen Sie, ob die Aufhängevorrichtung auf einer Kugel gelagert ist!

Meßprotokoll

Lfd. Nr.	Reifen (Zylinder)		Drehstab	
	$m = 50$ g t in s	$m = 100$ g t in s	$m' = 250$ g t in s	$m' = 500$ g t in s
1 2 3 4 5				
	$\bar{t} =$	$\bar{t} =$	$\bar{t} =$	$\bar{t} =$
	$h =$	$r_T =$	$r =$	$r =$

Auswertung

1. Berechnen Sie den Betrag des mittleren Trägheitsmoments des Reifens mit Hilfe der in der Vorbetrachtung (3.) hergeleiteten Gleichung!
2. Berechnen Sie die Beträge der mittleren Trägheitsmomente des Drehstabes mit Hilfe der in der Vorbetrachtung (3.) hergeleiteten Gleichung!

Hinweis: Achten Sie darauf, daß bei diesen beiden Aufgaben jeweils die Masse m des absinkenden Körpers zu nutzen ist!

3. Berechnen Sie die Beträge der Trägheitsmomente der Drehstange jeweils aus den Punktmassen m' und dem Abstand r dieser Punktmassen von der Drehachse!
   Vergleichen Sie diese Beträge der Trägheitsmomente mit den in 2. gefundenen Werten, und geben Sie die Ursachen für eventuelle Abweichungen an!
4. Welche zufälligen Fehler können bei Ihren Messungen auftreten?

Trägheitsmoment (mit Torsionsschwinger) — I/2

Aufgabe

Bestimmen Sie das Trägheitsmoment eines Probekörpers mit Hilfe von Torsionsschwingungen!

Vorbetrachtungen

1. Der Betrag des Trägheitsmoments eines unregelmäßig geformten Körpers kann mit Hilfe von Torsionsschwingungen (Drehschwingungen) experimentell bestimmt werden.

Das ist vorteilhaft, weil der zugehörige Aufbau des Experiments sehr einfach ist und nur eine minimale Reibung auftritt. Man befestigt den zu untersuchenden Körper so an einem Draht, daß er Torsionsschwingungen ausführen kann. Die Schwingungsdauer T des Torsionsschwingers ist

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D}}, \tag{1}$$

wobei J das Trägheitsmoment des schwingenden Körpers und D eine von den Abmessungen und dem Material des Drahtes abhängige Konstante ist.
D selbst braucht nicht bekannt zu sein, wenn man folgendermaßen vorgeht:

Am Probekörper werden zwei Zusatzkörper $\left(\text{Masse jeweils } \frac{m}{2}\right)$ im gleichen Abstand r von der Drehachse angebracht. Dadurch wird das Trägheitsmoment um $J_i = m \cdot r^2$ größer, wenn die Teilmassen als Punktmassen angesehen werden. Das Gesamtträgheitsmoment beträgt damit $J + J_i$. Die zugehörige Schwingungsdauer T_i ist

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{J + J_i}{D}}. \tag{2}$$

Man dividiert die Gleichung (2) durch die Gleichung (1) und formt nach J um. Zeigen Sie, daß dann

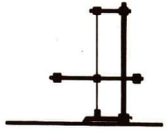
$$J = m \cdot r^2 \frac{T^2}{T_i^2 - T^2} \text{ gilt!}$$

2. Erläutern Sie die Energieumwandlungen bei Torsionsschwingungen!
3. Geben Sie zu den folgenden Größen der Translation die analogen Größen der Rotation an:
   Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Masse, kinetische Energie.

Geräte und Hilfsmittel

1 Torsionsschwinger
2 Stoppuhr
3 Waage
4 Lineal
5 Zusatzmassen (z. B. 2 × 125 g, 2 × 250 g)
6 Stativfuß
7 Kreuzklemme
8 Klemmschraube
9 Zwei Stativstäbe (750 mm, 160 mm)

Experimentieranordnung



Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Experimentieranordnung entsprechend der Skizze auf!
2. Lenken Sie den Torsionsschwinger etwas aus der Ruhelage aus!
   Bestimmen Sie durch eine Probemessung, wieviel Schwingungen notwendig sind, um die Schwingungsdauer möglichst genau bestimmen zu können!
   Bestimmen Sie die Schwingungsdauer T des Torsionsschwingers durch mindestens 5 Messungen!

3. Bringen Sie die Zusatzkörper der Masse m_1 im gleichen Abstand r_1 von der Drehachse auf dem Körper an! Bestimmen Sie die Schwingungsdauer T_1!
4. Bringen Sie die Zusatzkörper der Masse m_2 im Abstand r_1 an, und bestimmen Sie die Schwingungsdauer T_2!
5. Bringen Sie die Zusatzkörper der Masse m_1 in einem anderen Abstand r_2 an, und messen Sie die Schwingungsdauer T_3!

Fehlerhinweis

Der Torsionsschwinger pendelt stark.	Die Auslenkung aus der Ruhelage ist zu verkleinern!

Meßprotokoll

Lfd. Nr.	n	t in s	T in s
1 2 3 4 5			
			$\bar{T} =$

Für die Bestimmung von T_1, T_2 und T_3 wird das Meßprotokoll analog angefertigt. Es müssen aber jeweils die Massen der Zusatzkörper und ihre Abstände von der Drehachse angegeben werden!

Auswertung

1. Berechnen Sie den Betrag des Trägheitsmoments J unter Verwendung der gemessenen Schwingungsdauern!
2. Vergleichen Sie die drei gefundenen Werte von J, und geben Sie Ursachen für Abweichungen an!
3. Welche der auftretenden Fehler sind zufällige Fehler, welche sind systematische Fehler?

Impulsbestimmung — I/3

Aufgabe

Ermitteln Sie die Impulse zweier Kugeln mit gleichem Radius und unterschiedlicher Masse vor und nach einem geraden, zentralen, elastischen Stoß, und überprüfen Sie die Gültigkeit des Impulserhaltungssatzes!

Vorbetrachtungen

1. Wie lautet der Impulserhaltungssatz für den zentralen, elastischen Stoß zwischen 2 Kugeln?
2. Eine Kugel rollt aus der Höhe h eine geneigte Ebene herab. Dabei wird die in der Kugel gespeicherte potentielle Energie restlos in kinetische Energie und Rotationsenergie umgewandelt. Es gilt

   $E_{pot} = E_{kin} + E_{rot}$ und damit

   $$m \cdot g \cdot h = \frac{m}{2} v^2 + \frac{J}{2} \omega^2.$$

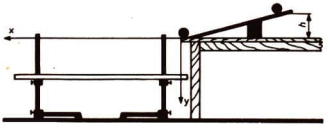
   Dabei ist $J = \frac{2}{5} m \cdot r^2$ das Trägheitsmoment und $\omega = \frac{v}{r}$ die Winkelgeschwindigkeit der rollenden Kugel.
   Zeigen Sie, daß sich die Geschwindigkeit v der Kugel am Fußpunkt der geneigten Ebene aus

   $$v = \sqrt{\frac{10}{7} g \cdot h}$$ errechnen läßt!
3. Skizzieren Sie den Bewegungsablauf einer horizontal abgeworfenen Kugel, und geben Sie an, aus welchen Teilbewegungen sich die Gesamtbewegung zusammensetzt!
4. Geben Sie hierfür das Ort-Zeit-Gesetz der Bewegungskomponenten in x-Richtung $x = f(t)$ und in y-Richtung $y = f(t)$ an! Diese bilden eine Parameterdarstellung der Wurfkurve. Eliminieren Sie den Parameter t! Sie erhalten dadurch die Gleichung $y = f(x)$ der Wurfbahn.
5. Wie kann man aus dieser Gleichung die Abwurfgeschwindigkeit ermitteln?

Geräte und Hilfsmittel

1 Ablaufrinne oder
zwei Stativstäbe (1000 mm),
zwei Stativstäbe (100 mm)
2 Zwei Stativstäbe (750 mm)
3 Zwei V-förmige Stativfüße
4 Stelltisch
5 Zwei Kugeln unterschiedlicher Masse, aber mit gleichem Radius
6 Holzklotz
7 Meßstab
8 Waage mit Wägesatz
9 Kohlepapier
10 Zeichenpapier
11 Lot
12 Klebeband

Experimentieranordnung



Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Experimentieranordnung entsprechend der Skizze auf!
2. Ermitteln Sie die Kugelmassen m_1 und m_2!
3. Legen Sie die Kugel mit der kleineren Masse an den Endpunkt der waagerechten Strecke!
   Messen Sie die Höhe h, aus der die Kugel mit der größeren Masse abrollt!

4. Lassen Sie die Kugel mit der größeren Masse die Ablaufrinne herabrollen! Sie stößt auf die Kugel mit der kleineren Masse, und die beiden Kugeln führen einen waagerechten Wurf aus. Wählen Sie eine Fallhöhe y, und messen Sie die Wurfweiten x_1 und x_2 der beiden Kugeln mehrfach! Achten Sie darauf, daß Sie die Kugel stets von der gleichen Stelle der geneigten Ebene abrollen lassen!

Fehlerhinweis

Bei den einzelnen Messungen sind die Wurfweiten sehr unterschiedlich.	Es ist zu überprüfen, ob die Kugel immer von der gleichen Stelle abrollt, es ist evtl. ein Körper an der Ablaufstelle als Starthilfe zu befestigen.

Meßprotokoll

$h =$ $m_1 =$

$y =$ $m_2 =$

Lfd. Nr.	x_1 in cm	x_2 in cm
1 2 3 4 5		
Σ		
	$\bar{x}_1 =$	$\bar{x}_2 =$

Auswertung

1. Berechnen Sie unter Verwendung der Höhe h die Anfangsgeschwindigkeit v_1 der Kugel mit der Masse m_1!
2. Bestimmen Sie den Gesamtimpuls der Kugeln vor dem Stoß!
3. Berechnen Sie aus den Wurfweiten x_1 und x_2 und der Falltiefe y die Geschwindigkeiten u_1 und u_2 der Kugeln nach dem Stoß!
4. Berechnen Sie den Gesamtimpuls der Kugeln nach dem Stoß!
5. Vergleichen Sie die Gesamtimpulse vor dem Stoß und nach dem Stoß! Geben Sie Ursachen für Abweichungen an!
   Welche systematischen Fehler treten bei der Durchführung des Experiments auf?

Magnetische Flußdichte	1/4

Aufgabe

Untersuchen Sie die Abhängigkeit der magnetischen Flußdichte des magnetischen Feldes einer langen, stromdurchflossenen Spule von der Stromstärke, der Länge und der Windungsanzahl!

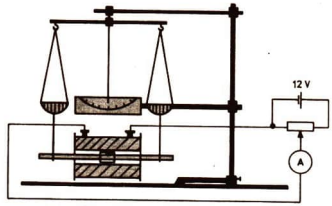
Vorbetrachtungen

1. Physikalische Felder können mit Hilfe der Kräfte, die auf in das Feld gebrachte stoffliche Körper wirken, quantitativ beschrieben werden.
   Geben Sie Gleichungen an, mit denen man diese Kräfte im elektrischen und magnetischen Feld bestimmen kann, und erläutern Sie diese!
2. Die Stärke des magnetischen Feldes im Inneren einer langen, stromdurchflossenen Spule kann mit Hilfe von Eigenschaften der Spule beschrieben werden. Da die auf einen Probemagneten wirkende Feldkraft im Inneren der Spule proportional der magnetischen Flußdichte B ist, kann die Abhängigkeit der magnetischen Flußdichte von verschiedenen Parametern der Spule durch Kraftmessungen untersucht werden. Man nutzt dazu eine Balkenwaage.
   Geben Sie an, wodurch man die Stärke des Magnetfeldes einer Spule vergrößern kann!

Geräte und Hilfsmittel

1 Waage aus Aufbauteilen des SEG Mechanik
2 Stromversorgungsgerät
3 drei Kastenspulen (500 Windungen)
4 zwei Kastenspulen (750/1 500 Windungen)
5 Bruchgrammwägesatz
6 Strommesser
7 Drehwiderstand (50 Ω)
8 Holzleiste (etwa 500 × 15 × 3 mm)
9 zwei runde Permanentmagnete
10 Stativmaterial, Verbindungsleiter, Ankerplast, Bindfaden

Experimentieranordnung



Ablauf des Experiments

1. In der Mitte der Holzleiste werden mit Ankerplast die beiden Rundmagnete befestigt. Diese Leiste wird entsprechend der Skizze durch die Spule gesteckt und an der Waage befestigt.
2. Nach Aufbau der Experimentieranordnung wird die Waage ins Gleichgewicht gebracht.

3. Durch Anlegen der Spannung wirkt durch das Magnetfeld der Spule eine Kraft auf den Probemagneten; damit wirkt auf die Waage ein Drehmoment, und sie wird ausgelenkt. Durch Auflegen von Wägestücken kann die Waage wieder ins Gleichgewicht gebracht werden. Die dazu benötigte Kraft ist proportional der Feldkraft der Spule.
   3.1. Untersuchen Sie die Abhängigkeit der Kraft F von der Stromstärke I! Verwenden Sie dazu die Spule von 500 Windungen! Legen Sie nacheinander Wägestücke von 0,5 g, 1 g, 1,5 g und 2 g auf, und kompensieren Sie den Ausschlag der Waage durch Erhöhen der Stromstärke!
   3.2. Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Kraft F von der Windungsanzahl führen Sie das Experiment wie in 3.1. mit Spulen von 750 Windungen und 1 500 Windungen aus!
   3.3. Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Kraft F von der Länge der Spule verwenden Sie eine Spule mit 1 500 Windungen, 2 hintereinander geschaltete Spulen mit 750 Windungen und 3 hintereinander geschaltete Spulen mit je 500 Windungen. Wählen Sie eine konstante Stromstärke aus, und messen Sie für jede Windungszahl die entsprechende Kraft!

Hinweis: Legen Sie bei allen Messungen jeweils selbständig die unveränderlichen Größen fest!

Fehlerhinweis

Die Kompensation des Ausschlages der Waage erfordert eine zu hohe Stromstärke.	Es sind kleinere Wägestücke aufzulegen.

Meßprotokoll

Lfd. Nr.	N (Wdg)	I in A	l in cm	F in mN

Auswertung

1. Stellen Sie die Abhängigkeit der Kraft von der Stromstärke für die einzelnen Windungsanzahlen in einem Diagramm dar!
2. Stellen Sie die Abhängigkeit der Kraft von der Windungsanzahl in einem Diagramm dar!
3. Stellen Sie den Zusammenhang zwischen Kraft und Länge der Spule grafisch dar!
4. Welche Abhängigkeiten der Kraft F und damit der magnetischen Flußdichte B von den untersuchten Größen ergeben sich? Stellen Sie unter Verwendung einer Konstanten eine Gleichung für B auf!
5. Berechnen Sie die Größe der magnetischen Flußdichte der vorliegenden Spule mit 750 Windungen und einer Stromstärke von 0,8 A!
6. Welche systematischen und zufälligen Fehler treten bei den vorliegenden Messungen auf, wie können sie verkleinert werden?

Transistorkennlinien

II/1

Aufgabe

Nehmen Sie die I_B-I_C-Kennlinie und die U_{CE}-I_C-Kennlinien eines Transistors auf!
Literatur: Wissensspeicher Physik (02 17 03) S. 222 ff.,
Lehrbuch Physik Klasse 9 (02 09 03) S. 131 ff.,
Festkörperphysik (02 17 04) S. 117 ff.

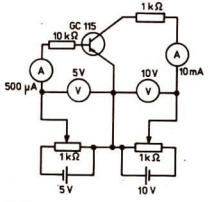
Vorbetrachtungen

1. Skizzieren Sie die Emitterschaltung eines Transistors (siehe Experimentieranordnung)!
   Benennen Sie die auftretenden Spannungen und Stromstärken, und verwenden Sie dabei die Symbole I_B, I_C, I_E, U_{CE}, U_{BE}!
2. Erläutern Sie Aufbau und Wirkungsweise eines p-n-p-Transistors!
3. Das Verhalten des Transistors bei Veränderung der anliegenden Spannungen und Stromstärken kann durch das Kennlinienfeld beschrieben werden (Bild 45/2).
   Entnehmen Sie dem Kennlinienverlauf, wie sich die Kollektorstromstärke I_C in Abhängigkeit von der Basisstromstärke I_B bzw. der Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE} verändert!
4. Aus dem Kennlinienfeld kann eine Aussage über die Verstärkung des Transistors entnommen werden.
   Was versteht man unter der Stromverstärkung β?
   Geben Sie die entsprechende Gleichung an!

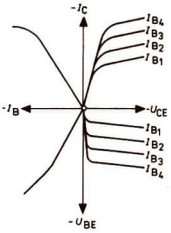
Geräte und Hilfsmittel

Entnehmen Sie dem Schaltplan, welche Geräte zur Durchführung des Experiments benötigt werden!

Experimentieranordnung



45/1



45/2

Ablauf des Experiments

1. Zur Aufnahme der Werte für die I_B-I_C-Kennlinie wählen Sie nach dem Aufbau der Schaltung zunächst $U_{CE} = 10$ V. Halten Sie diese Spannung während des Experiments konstant!
   Erhöhen Sie dann die Basisstromstärke von 0 auf 200 µA, und messen Sie die zugehörigen Werte der Kollektorstromstärke!
2. Nehmen Sie die U_{CE}-I_C-Kennlinie für die Basisstromstärken $I_B = 50$ µA, 100 µA und 150 µA auf!
   Erhöhen Sie dazu bei konstanter Basisstromstärke I_B die Spannung U_{CE} schrittweise von 0 auf 10 V, und messen Sie jeweils die zugehörige Kollektorstromstärke I_C!

Fehlerhinweis

Ein Meßgerät schlägt nicht aus, wenn das Potentiometer betätigt wird.	Überprüfung der Polung des Gerätes und der Verbindungen zwischen den verwendeten Grundbrettern.

Auswertung

1. Zeichnen Sie die I_B-I_C-Kennlinie und die U_{CE}-I_C-Kennlinien in ein Koordinatensystem!
2. Berechnen Sie die Stromverstärkung β für die Betriebsspannung $U_{CE} = 10$ V!
3. Geben Sie die relativen Fehler an, die durch die verwendeten Meßgeräte auftreten können!
4. Wodurch kann die Arbeitsweise eines Transistors beeinträchtigt werden? Was ergibt sich daraus für den Umgang mit Transistoren?
5. Geben Sie fünf Geräte an, in denen Transistoren eingesetzt werden!

Induktivität einer Spule — II/2

Aufgabe

Bestimmen Sie die Induktivität einer Spule in Abhängigkeit von der Eintauchtiefe eines Eisenkerns in die Spule!
Literatur: Lehrbuch Physik, Klasse 10 (02 10 03), S. 62 bis 72, Wissensspeicher Physik (02 17 03) S. 205, S. 210 bis 212.

Vorbetrachtungen

1. Einige elektrische Bauelemente verhalten sich im Wechselstromkreis anders als im Gleichstromkreis. Der Wechselstromwiderstand einer Spule setzt sich zum Beispiel aus dem ohmschen Widerstand R und dem induktiven Widerstand X_L

zusammen, die man als in Reihe geschaltet annehmen kann. Man bezeichnet diesen Wechselstromwiderstand als Scheinwiderstand R_g.
Es gilt $R_g^2 = X_L^2 + R^2$.
Begründen Sie das unterschiedliche Verhalten einer Spule im Gleich- und im Wechselstromkreis!

2. Der Scheinwiderstand R_g kann auch durch Stromstärke- und Spannungsmessung im Wechselstromkreis bestimmt werden. Es gilt

$$R_g = \frac{U}{I}.$$

Der ohmsche Widerstand R wird mit einem Widerstandsmesser oder durch Stromstärke- und Spannungsmessung im Gleichstromkreis bestimmt.
Für den induktiven Widerstand X_L gilt die Gleichung $X_L = \omega \cdot L$, wobei $\omega = 2\pi \cdot f$ die Kreisfrequenz des verwendeten Wechselstromes ($f = 50$ Hz) und L die Induktivität der Spule ist.
Leiten Sie unter Verwendung der genannten Gleichungen eine mathematische Beziehung für die Berechnung der Induktivität L der Spule her!

3. Geben Sie eine Voraussage an, wie sich die Induktivität einer Spule mit der Eintauchtiefe s eines Eisenkerns in die Spule verändert!
Begründen Sie Ihre Voraussage!
4. Fertigen Sie einen Schaltplan zur Bestimmung des Scheinwiderstandes R_g der Spule an!

Geräte und Hilfsmittel

Notieren Sie alle benötigten Geräte und Hilfsmittel, die Sie zur Bestimmung der Induktivität der Spule benötigen!

Ablauf des Experiments

1. Bestimmen Sie mit Hilfe eines Widerstandsmeßgerätes den ohmschen Widerstand der verwendeten Spule!
2. Legen Sie nach Aufbau der Experimentieranordnung zur Bestimmung des Scheinwiderstandes R_g der Spule eine Wechselspannung von etwa 6 V an, und messen Sie für mehrere verschiedene Eintauchtiefen s des Eisenkerns in die Spule die Stromstärke!
Benutzen Sie zur Messung der Eintauchtiefe einen mit Millimeterpapier beklebten Eisenkern!
Tragen Sie alle Meßergebnisse in übersichtlicher Form in ein Meßprotokoll ein!

Auswertung

1. Bestimmen Sie für jede Eintauchtiefe s die Induktivität L der Spule!
2. Stellen Sie die Induktivität L als Funktion der Eintauchtiefe s in einem Diagramm dar!
3. Überprüfen Sie Ihre Voraussage über die Abhängigkeit der Induktivität von der Eintauchtiefe des Eisenkernes in die Spule!

4. Geben Sie den systematischen Fehler für die verwendeten Geräte in Prozent an!
5. Stellen Sie die gemessenen Stromstärken in Abhängigkeit von der Eintauchtiefe $I = f(s)$ grafisch dar!
6. Erläutern Sie, wie die Funktion $I = f(s)$ zur induktiven Längenmessung genutzt werden kann! Wie muß das Meßobjekt beschaffen sein?

Entladungskurve eines Kondensators — II/3

Aufgabe

Ermitteln Sie die Abhängigkeit der Entladestromstärke eines Kondensators von der Zeit!
Literatur: Lehrbuch Physik, Klasse 9 (02 09 03), S. 75 bis 76, Wissensspeicher Physik (02 17 03) S. 190 bis 192.

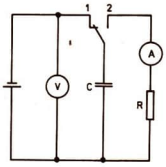
Vorbetrachtungen

1. Wird ein Kondensator an eine Spannungsquelle angeschlossen, so lädt er sich in einer bestimmten Zeit auf die an der Spannungsquelle anliegende Spannung auf. Wird ein Kondensator mit der Kapazität C über einen Widerstand R entladen, so nimmt die zu Beginn des Entladevorgangs maximale Stromstärke exponentiell mit der Zeit ab.
   Skizzieren Sie den prinzipiellen Verlauf einer solchen Entladungskurve $I = f(t)$!
2. Zum Messen der Entladestromstärke in Abhängigkeit von der Zeit eignet sich die Schaltung entsprechend der Experimentieranordnung. Erläutern Sie, wie man damit die Entladungskurve aufnehmen kann!
3. Der Anfangswert der Stromstärke (I_{max}) zu Beginn des Entladevorganges ($t = 0$) ist bereits abgesunken, bevor der Zeiger des Stromstärkemessers voll ausgeschlagen hat. Man kann aber I_{max} mit Hilfe der Ladespannung U genauer bestimmen. Geben Sie eine Gleichung dafür an!
4. Die Fläche zwischen der Entladungskurve und der Zeitachse ist ein Maß für die Ladung. Begründen Sie diese Aussage!
5. Die Ladung des Kondensators kann auch mit Hilfe der Kapazität und der anliegenden Höchstspannung berechnet werden. Geben Sie dafür die Gleichung an!

Geräte und Hilfsmittel

Geben Sie die von Ihnen zur Durchführung des Experiments benötigten Geräte und Hilfsmittel unter Ausnutzung des Schaltplanes und der Hinweise zum Ablauf des Experiments an!

Experimentieranordnung



Meßprotokoll

Bereiten Sie das Meßprotokoll so vor, daß Sie die Meßwerte entsprechend dem Ablauf des Experiments eintragen können!

Ablauf des Experiments

Nehmen Sie für drei verschiedene Widerstände (200 kΩ, 500 kΩ, 1 MΩ) das Stromstärke-Zeit-Diagramm eines Kondensators mit einer Kapazität von 50 μF auf (Ladespannung etwa 10 V)!
Wählen Sie die Zeitabstände der Messung der Stromstärke selbständig, nachdem Sie jeweils Probeentladungen ausgeführt haben!
Am Ende der Messung soll der Kondensator weitgehend entladen sein.

Auswertung

1. Stellen Sie für die drei Meßreihen die Stromstärke als Funktion der Zeit auf Millimeterpapier in je einem Diagramm grafisch dar!
2. Berechnen Sie die drei Anfangsstromstärken I_{max}!
   Lesen Sie die Anfangsstromstärken jeweils aus den Diagrammen ab, und vergleichen Sie diese mit den errechneten Werten!
   Nennen Sie Ursachen für Abweichungen!
3. Bestimmen Sie durch Auszählen der Flächenelemente unter den Entladungskurven die Ladungen, die der Kondensator bei der Entladung abgegeben hat!
   Errechnen Sie die Ladung des Kondensators entsprechend der Vorbetrachtung 5!
   Vergleichen Sie die beiden ermittelten Werte für die Ladung!
4. Überwiegen bei diesem Experiment zufällige oder systematische Fehler? Begründen Sie Ihre Antwort!

Widerstandsmessungen — II/4

Aufgabe

Bestimmen Sie den Gleichstromwiderstand von Widerstandsgeräten nach unterschiedlichen Methoden!
Literatur: Wissensspeicher Physik (02 17 03) S. 182 bis 196.

Vorbetrachtungen

Für die richtige Auswahl von elektrischen Bauelementen in technischen Geräten ist es häufig erforderlich, den Widerstand zu bestimmen. Das vorliegende Experiment dient dazu, Möglichkeiten der Bestimmung des Widerstandes anzuwenden und diese bezüglich ihrer Genauigkeit einzuschätzen.

1. Verwendung von Stromstärke- und Spannungsmessungen

1.1. Zeichnen Sie je eine spannungs- und eine stromrichtige Schaltung zum Messen von Stromstärke und Spannung an einem Widerstand! Zur Änderung der Spannung wird ein Potentiometer verwendet.

1.2. Unter welchen Bedingungen wird jede dieser Schaltungen genutzt? Begründen Sie Ihre Aussage!

2. Bestimmung des Widerstandes mit einer Brückenschaltung

Auf einem Konstantandraht ist ein Gleitkontakt G beweglich angebracht, der über ein empfindliches Galvanometer mit einem Vergleichswiderstand R_v (z. B. einem Dekadenwiderstand) und dem unbekannten Widerstand R_x verbunden ist (Bild 51/1)! Diese Schaltung bezeichnet man als Brückenschaltung. Der Vergleichswiderstand soll die Größenordnung des zu messenden Widerstandes haben.

Das Galvanometer zeigt keinen Stromfluß an, wenn zwischen den Punkten G und D die Spannung Null ist.

Die Spannungen an R_v und R_1 sowie an R_x und R_2 sind somit gleich groß. Daraus ergibt sich

$$\frac{R_x}{R_v} = \frac{l_2}{l_1}.$$

Leiten Sie diese Gleichung unter Benutzung der Gesetze am unverzweigten und am verzweigten Stromkreis, des Ohmschen Gesetzes und des Widerstandsgesetzes her!

3. Messung des Widerstandes mit einer Widerstandsmeßbrücke

In den Widerstandsmeßgeräten wird häufig das Prinzip der Brückenschaltung benutzt. Machen Sie sich mit der Bedienung des Gerätes vertraut, studieren Sie dazu die Bedienungsanleitung auf der Rückseite des Gerätes!

Geräte und Hilfsmittel

1 Spannungsmesser
2 Strommesser
3 Stromversorgungsgerät
4 verschiedene Widerstände
5 Galvanometer
6 Widerstandsdraht mit Halterung und Meßlatte
7 Satz Dekadenwiderstände
8 Widerstandsmeßgerät
9 Verbindungsleitungen

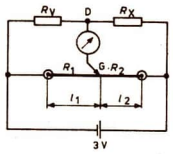


Bild 51/1

Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie nacheinander eine spannungs- und eine stromrichtige Schaltung auf! Messen Sie für die einzelnen Widerstände die Spannung und die zugehörige Stromstärke!
2. Mit Hilfe der Brückenschaltung sollen die Widerstandswerte der vorliegenden Widerstände bestimmt werden.
   Dazu werden die Längen l_1 und l_2 des Konstantandrahtes mehrfach gemessen. Verschieben Sie dazu den Gleitkontakt jeweils in verschiedene Richtungen, bis das Galvanometer keinen Ausschlag zeigt.

Fehlerhinweis

Der Zeiger des Galvanometers kann bei der Widerstandsbestimmung nicht in Nullstellung gebracht werden.	Der Vergleichswiderstand muß gegen einen anderen ausgewechselt werden.

3. Messen Sie mit Hilfe des Widerstandsmeßgerätes die Widerstandswerte der vorliegenden Widerstände!

Auswertung

1. Berechnen Sie die Widerstandswerte jeweils unter Verwendung der ermittelten Meßwerte!
2. Vergleichen Sie die Widerstände, die Sie bei den unterschiedlichen Methoden der Widerstandsbestimmung erhalten haben, und schätzen Sie Ihre Genauigkeit ein!
   Bestimmen Sie dazu die relativen Fehler
   - der im 1. Teilexperiment bestimmten Spannungen und Stromstärken,
   - der Längenmessung im 2. Teilexperiment und
   - der Widerstandsmessung mit dem Widerstandsmeßgerät!

Brennweite einer Linse — III/1

Aufgabe

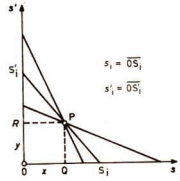
Bestimmen Sie die Brennweite einer Konvexlinse nach unterschiedlichen Methoden!

Vorbetrachtungen

1. Konstruieren Sie die Bildentstehung an einer Konvexlinse, wenn der Gegenstand außerhalb der doppelten Brennweite steht, und benennen Sie in der Konstruktion alle wichtigen Punkte, Linien und Entfernungen!
   Geben Sie für diese Abbildung eine Beziehung zwischen der Brennweite f, der Gegenstandsweite s und der Bildweite s' an (Abbildungsgleichung)!
2. Skizzieren Sie den Aufbau eines Experiments, mit dem Sie die Brennweite einer Konvexlinse über die Messung der Bild- und Gegenstandsweite bestimmen können!
3. Trägt man verschiedene Gegenstandsweiten s_i und die zugehörigen Bildweiten s_i' in ein s-s'-Diagramm ein und verbindet die einander entsprechenden Punkte (Bild 52/1), dann erhält man einen gemeinsamen Schnittpunkt P aller Geraden. Wegen der Umkehrbarkeit des Lichtweges ist $x = y$. Zeigen Sie, daß die Beziehung $x = y = f$ gilt! Verwenden Sie Beziehungen zwischen ähnlichen Dreiecken, und führen Sie diese auf die Linsengleichung zurück!
4. Die Brennweite von Konvexlinsen kann auch mit Hilfe der „Besselschen Methode" bestimmt werden.
   Diese Methode beruht darauf, daß es bei der Erzeugung einer reellen Abbildung für ein zusammengehöriges Paar von Gegenstands- und Bildweite jeweils zwei mögliche Standorte I und II für die Linse gibt (Bild 52/2).
   Durch Substitution von s und s' durch z und u sowie Nutzung der Linsengleichung erhält man für die Brennweite

$$f = \frac{z^2 - u^2}{4z}.$$

   Leiten Sie diese Gleichung her!
5. Geben Sie alle für die Experimente benötigten Geräte und Hilfsmittel an!



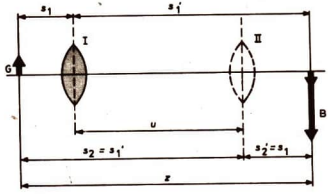


Bild 52/2

Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Experimentieranordnung zur Messung der Bild- und Gegenstandsweite auf, und führen Sie bei unterschiedlichen Gegenstandsweiten mindestens fünf Messungen aus!
2. Zur Bestimmung der Brennweite der Linse mit der Methode von Bessel werden die Entfernungen z und u gemessen. Führen Sie mindestens fünf Messungen aus!

Auswertung

1. Berechnen Sie die mittlere Brennweite der Linse aus den gemessenen Werten von Gegenstands- und Bildweiten!
2. Tragen Sie die Gegenstandsweiten und die Bildweiten aus dem ersten Teil des Experiments in ein s-s'-Diagramm ein, und verbinden Sie die einander entsprechenden Werte! Verwenden Sie Millimeterpapier!
   Lesen Sie die Brennweite der Linse aus dem Diagramm ab!
3. Bestimmen Sie die Brennweite der Linse nach der Methode von Bessel!
4. Vergleichen Sie die mit verschiedenen Methoden ermittelten Brennweiten der Linse miteinander!
5. Nennen Sie die Ursachen für die auftretenden zufälligen Fehler!

Wellenlänge monochromatischen Lichtes — III/2

Aufgabe

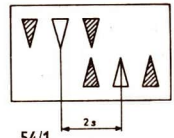
Bestimmen Sie die mittlere Wellenlänge des roten, gelben und blauen Filterlichtes mit Hilfe eines Doppelkeilspaltes, und ermitteln Sie die Gitterkonstante eines unbekannten optischen Gitters!

Vorbetrachtungen

1. Die mittlere Wellenlänge von monochromatischem Filterlicht kann mit Hilfe eines Doppelkeilspaltes bestimmt werden. Wenn man den Doppelkeilspalt durch ein Gitter und ein Farbfilter im Gegenlicht einer Experimentierleuchte betrachtet und dabei die Entfernung zwischen Gitter und Doppelkeilspalt genügend groß wählt, kann man in der Ebene der Doppelkeilspaltblende Interferenzerscheinungen beobachten (Bild 54/1).
   Verschiebt man das Gitter längs der optischen Achse so, daß die beiden inneren Maxima erster Ordnung genau übereinander stehen, so ist der Abstand der beiden Keilspitzen der Blende gleich 2 s, und der Abstand Blende–Gitter ist die Entfernung e.
   Das Interferenzbild entsteht nicht auf einem Schirm, sondern im Auge.
   Bei dieser Abbildung gilt die Gleichung für die Berechnung der Wellenverstärkung am Gitter.
   Wie lautet diese Gleichung?
2. Welche mittleren Wellenlängen haben die einzelnen Farben des sichtbaren Lichtes?
3. Skizzieren Sie den Aufbau einer Experimentieranordnung zur Bestimmung der Wellenlänge von monochromatischem Licht unter Verwendung eines Farbfilters und eines Doppelkeilspaltes, und geben Sie die benötigten Geräte an!
   (Gitterkonstante des verwendeten Gitters 2: $k = 0{,}05$ mm)

Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Experimentieranordnung entsprechend Ihrer vorgeschlagenen Skizze auf, und messen Sie die zur Bestimmung der Wellenlängen des roten, gelben und blauen Filterlichtes benötigten Größen!
   Verschieben Sie dazu das Gitter längs der optischen Achse, bis Sie die beiden inneren Maxima erster Ordnung genau übereinander sehen (Bild 54/1)!



54/1

   Messen Sie mehrere Male die zugehörige Entfernung e, wobei Sie stets vorher das Gitter verschieben!
2. Benutzen Sie zur Bestimmung der Gitterkonstanten eines unbekannten Gitters dieselbe Experimentieranordnung!
   Verwenden Sie das rote Filterlicht!

Auswertung

1. Berechnen Sie:
   - die mittleren Wellenlängen des roten, gelben und blauen Lichtes,
   - die zu den Farben gehörenden Frequenzen des Lichtes,
   - die Gitterkonstante des unbekannten Gitters unter Verwendung der ermittelten Wellenlänge des roten Filterlichtes,
   - die Anzahl der Linien, die dieses Gitter je cm hat!
2. Vergleichen Sie die von Ihnen ermittelten Wellenlängen des Lichtes mit den Tabellenwerten!
3. Welche zufälligen Fehler können bei den Messungen auftreten?
   Bestimmen Sie die relativen Fehler der auftretenden Meßgrößen, und schätzen Sie ein, welche Meßgröße den größten Fehler verursacht!

Äußerer lichtelektrischer Effekt — III/3

Aufgabe

Bestimmen Sie die Größenordnung des Planckschen Wirkungsquantums!

Vorbetrachtungen

1. Erläutern Sie den äußeren lichtelektrischen Effekt, und deuten Sie ihn unter Verwendung der Einsteinschen Gleichung!
2. Um die kinetische Energie der beim äußeren lichtelektrischen Effekt emittierten Elektronen zu bestimmen, nutzt man eine Spannungsmessung (Bild).
   Licht fällt auf die lichtempfindliche Schicht einer Fotozelle. Die austretenden Elektronen laden einen Kondensator auf, an dem sich eine Endspannung ein-

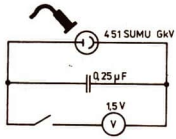
stellt. Diese Spannung U ist der kinetischen Energie E_{kin} der schnellsten Elektronen proportional, da die zur Höchstspannung führende Energie von den Elektronen mit der höchsten kinetischen Energie herrührt.
Es gilt daher die Beziehung $E_{el} = E_{kin}$.
Um die Spannung am Kondensator messen zu können, muß das Meßgerät einen sehr hohen inneren Widerstand besitzen, da sonst der Kondensator über das Meßgerät sofort entladen wird. Ein geeignetes Meßgerät ist ein Röhrenvoltmeter.
Da $E_{kin} = e \cdot U$ gilt, erhält die Einsteinsche Gleichung die Form

$$h \cdot f = e \cdot U + W_a.$$

Skizzieren Sie die Abhängigkeit der Energie der emittierten Elektronen von der Frequenz des Lichtes in einem Diagramm!
Wie kann man mit Hilfe dieser grafischen Darstellung das Plancksche Wirkungsquantum h, die Grenzfrequenz f_g und die Ablösearbeit W_a bestimmen?

3. Notieren Sie für das folgende Experiment die benötigten Geräte!

Ablauf des Experiments



Mit einer lichtstarken Lampe wird durch Farbfilter (Wellenlänge wird vom Lehrer vorgegeben) eine Fotozelle bestrahlt, die sich in einer Schaltung entsprechend nebenstehendem Bild befindet. Die Lampe wird direkt vor die Öffnung des Gehäuses der Fotozelle gestellt.
Der Kondensator wird bei geöffnetem Schalter aufgeladen. Durch das Schließen des Schalters wird er über das Voltmeter entladen, der Höchstausschlag am Voltmeter wird gemessen. Um die Aufladezeit (etwa 10 bis 20 s) nicht zu unterschreiten, werden einige Probeentladungen durchgeführt.
Messen Sie für die verschiedenen Farbfilter die Spannung jeweils zehnmal!

Auswertung

1. Berechnen Sie die Energie E_{kin} der schnellsten der aus der Katode herausgeschlagenen Elektronen unter Verwendung der Mittelwerte der gemessenen Spannungen für die einzelnen Farben!
2. Tragen Sie die Energien in Abhängigkeit von der Frequenz des Lichtes in ein Diagramm ein!
3. Ermitteln Sie unter Verwendung der grafischen Darstellung die Grenzfrequenz f_g, die Ablösearbeit W_a und das Plancksche Wirkungsquantum h!
4. Vergleichen Sie den ermittelten Wert für das Plancksche Wirkungsquantum mit dem Tabellenwert, und geben Sie die Ursachen für auftretende Abweichungen an!
5. Geben Sie zur roten Farbe den absoluten Fehler der gemessenen Spannung an! Schätzen Sie ein, ob dieser Fehler kleiner oder größer als die systematischen Fehler der Experimentieranordnung ist!

Dispersionskurve eines Prismas	III/4

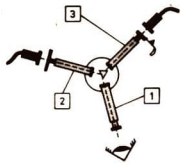
Aufgabe

Nehmen Sie die Dispersionskurve eines Prismas auf, und bestimmen Sie damit für verschiedene Farbfilter die Durchlaßbereiche!

Vorbetrachtungen

1. Skizzieren Sie den Strahlengang des weißen Lichtes beim Durchgang durch ein optisches Prisma! Geben Sie Ursachen für die Entstehung eines Dispersionsspektrums im Prisma an!
2. Entnehmen Sie die Wellenlängenbereiche für die einzelnen Spektralfarben dem Wissensspeicher Physik (02 17 03) oder einem anderen Nachschlagewerk!
3. Um den Durchlaßbereich von Lichtfiltern für die Lichtwellenlängen zu bestimmen, kann der Schulspektralapparat verwendet werden (siehe Experimentieranordnung).
   Man nimmt dazu mit Hilfe der Skale des Spektralapparates eine Eichkurve $s = f(\lambda)$ des durch das Prisma erzeugten Spektrums auf. Dabei sind s die Skalenwerte für die einzelnen Spektralfarben und λ die zugehörigen Wellenlängen des Lichtes. Da der Verlauf dieser Kurve vom Stoff des Prismas abhängt und damit auch s von der Brechzahl n, wird diese Kurve häufig als Dispersionskurve des Prismas bezeichnet.
4. Geben Sie alle zum Experiment benötigten Geräte an!

Experimentieranordnung



Ablauf des Experiments

1. Richten Sie den Spektralapparat zur Erzeugung eines Spektrums folgendermaßen her:
   - Fernrohr (Rohr mit Okular 1) auf einen fernen Punkt richten und scharf einstellen;
   - Lampe vor das Skalenfernrohr 2 stellen und einschalten;
   - Ausrichten des Fernrohres durch Drehung um die Achse des Spektralapparates, so daß die Skale sichtbar wird;
   - Skale durch Herausziehen des Skalenhalters aus dem Rohr scharf einstellen;
   - Lampe vor das Kollimatorrohr 3 mit Spalt stellen und das Spektrum durch Herausziehen des Objektivs scharf abbilden.
2. Lesen Sie für jede Farbgrenze den Skalenwert ab!

3. Setzen Sie vor die Lampe am Kollimatorrohr nacheinander ein Rot-, Gelb- bzw. ein Blaufilter und bestimmen Sie den genauen Skalenbereich, in dem jeweils das Licht zu sehen ist (Durchlaßbereich)!
   Beachten Sie, daß der übrige Aufbau des Experiments nicht mehr verändert wird!
4. Wiederholen Sie das ganze Experiment mit einer anderen Lichtquelle!

Auswertung

1. Zeichnen Sie für die beiden verwendeten Lampen die Eichkurven $s = f(\lambda)$ unter Verwendung der in den Vorbetrachtungen notierten Grenzwellenlängen zwischen zwei Farben!
2. Bestimmen Sie mit den beiden Eichkurven $s = f(\lambda)$ jeweils die Bereiche der Wellenlängen des von den Filtern hindurchgelassenen Lichtes!
3. Vergleichen Sie die Ergebnisse der beiden Experimente, und geben Sie die Ursachen für auftretende Abweichungen an!
4. Geben Sie für das Rotfilter den Frequenzbereich der durchgelassenen Lichtwellenlängen an!

Wärmekapazität eines Kalorimeters — E 1

Aufgabe

Bestimmen Sie experimentell die Wärmekapazität eines Kalorimetergefäßes, und verwenden Sie diese bei der Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität einer Flüssigkeit!

1.1. Zur Bestimmung der Wärmekapazität K des Kalorimeters gehen Sie folgendermaßen vor:
Füllen Sie zu kaltem Wasser (Masse m) der Temperatur ϑ_1 die gleiche Menge warmen Wassers der Temperatur ϑ_2! Aus der Mischtemperatur ϑ_m kann durch Nutzung der Gleichung $Q_{ab} = Q_{zu,\,Fl} + Q_{zu,\,K}$ die Wärmekapazität K des Kalorimeters bestimmt werden.

1.2. Führen Sie zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität einer Flüssigkeit nacheinander einer bestimmten Masse Wasser m_1 und einer bestimmten Masse der Flüssigkeit m_2 mit einer Heizspirale gleiche Wärme zu! Erwärmen Sie dazu beide Flüssigkeiten etwa 5 Minuten bei einer Spannung von etwa 10 V!
Aus dem Vergleich der von den Flüssigkeitsmengen und jeweils dem Gefäß aufgenommenen Wärme können Sie die spezifische Wärmekapazität c der Flüssigkeit berechnen. Die Massenbestimmungen erfolgen über Volumenmessungen. Die Dichte der Flüssigkeit wird Ihnen vom Lehrer gegeben.
Wie groß ist die spezifische Wärmekapazität der Flüssigkeit?
Welche zufälligen und systematischen Fehler führen zu Ungenauigkeiten des Wertes der spezifischen Wärmekapazität?
Wie können genauere Werte erzielt werden?

Spezifische Wärmekapazität von Metallen — E 2

Aufgabe

Bestimmen Sie experimentell die spezifische Wärmekapazität eines festen Metallkörpers!

2.1. Zunächst wird die Wärmekapazität K des Kalorimeters bestimmt.
Füllen Sie dazu zum Wasser (Masse m) der Temperatur ϑ_1 die gleiche Menge warmen Wassers der Temperatur ϑ_2! Aus der Mischtemperatur ϑ_m kann durch Nutzung der Gleichung $Q_{ab} = Q_{zu,\,Fl} + Q_{zu,\,K}$ die Wärmekapazität K des Kalorimeters bestimmt werden.

2.2. Zur Bestimmung der spezifischen Wärme eines Metalls wird ein Probekörper mit der Masse m_2 (Bestimmung durch Wägung) in einem Becherglas mit siedendem Wasser etwa 10 Minuten auf die Temperatur ϑ_2 des siedenden Wassers erwärmt. Danach wird der heiße Probekörper in ein Gefäß mit kaltem Wasser der Temperatur ϑ_1 und der Masse m_1 gelegt und die Mischtemperatur ϑ_m bestimmt.
Aus der Energiebilanz kann die spezifische Wärmekapazität c des Metalls bestimmt werden.
Wie groß ist die spezifische Wärmekapazität c des Metalls?
Aus welchem Material besteht der Körper?
Nennen Sie zufällige und systematische Fehler Ihrer Messungen!

Brechzahl von Glas und Grenzwinkel der Totalreflexion — E 3

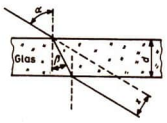
Aufgabe

Bestimmen Sie experimentell die Brechzahl und den Grenzwinkel der Totalreflexion bei Glas sowie die Parallelverschiebung eines Lichtstrahls an einer planparallelen Glasplatte!

3.1. Lassen Sie einen Lichtstrahl auf einen Glaskörper fallen, und messen Sie für den Übergang von Luft in Glas zu den Einfallswinkeln $\alpha = 10°, 20°, \ldots, 80°$ die zugehörigen Brechungswinkel β!
Fertigen Sie ein $\sin\alpha$-$\sin\beta$-Diagramm an!
Bestimmen Sie die Brechzahl n für den Übergang von Luft in Glas!

3.2. Messen Sie für den Übergang eines Lichtstrahls von Glas in Luft mindestens fünf Einfallswinkel und die zugehörigen Brechungswinkel, bis Totalreflexion eintritt!
Fertigen Sie mit den Meßwerten ein $\sin\alpha$-$\sin\beta$-Diagramm an!
Bestimmen Sie den Grenzwinkel der Totalreflexion!
Berechnen Sie den Grenzwinkel der Totalreflexion unter Verwendung der in 3.1. bestimmten Brechzahl, und vergleichen Sie beide Ergebnisse!

3.3. Messen Sie für den Einfallswinkel $\alpha = 60°$ eines Lichtstrahls auf eine planparallele Platte der Stärke d die zugehörige Parallelverschiebung x!
Konstruieren Sie den Strahlenverlauf an dieser Platte, und bestimmen Sie daraus die Parallelverschiebung x!
Die Brechzahl wird Ihnen vom Lehrer vorgegeben.
Vergleichen Sie die experimentell und die konstruktiv ermittelten Parallelverschiebungen, und geben Sie Ursachen für die auftretenden zufälligen und systematischen Fehler an!



Lichtwellenlängen und Gitterkonstanten	E 4

Aufgabe

Bestimmen Sie experimentell die Lichtwellenlänge des roten Lichtes und die Gitterkonstante eines optischen Gitters!

4.1. Mit Hilfe des optischen Gitters 2 (Gitterkonstante $k = 0{,}05$ mm) soll die Lichtwellenlänge des roten Lichtes bestimmt werden.
Skizzieren Sie dazu eine Experimentieranordnung, bei der man mit Hilfe einer Linse und rotem Licht einen Spalt scharf auf einem Schirm abbildet und anschließend mit einem Gitter ein Interferenzbild erzeugt.
Wählen Sie in der Experimentieranordnung als Entfernung zwischen Schirm und Gitter etwa 500 mm!
Führen Sie mindestens 5 Messungen aus!
Berechnen Sie die mittlere Lichtwellenlänge λ und die Frequenz des roten Lichtes!

4.2. Unter Verwendung der in 4.1. bestimmten Wellenlänge des roten Lichtes soll die Gitterkonstante eines unbekannten optischen Gitters bestimmt werden.
Es wird dieselbe Experimentieranordnung genutzt wie in 4.1.
Welche Gitterkonstante hat das optische Gitter?
Welche zufälligen Fehler können bei der Messung auftreten?
Geben Sie die absoluten und die relativen Fehler der gemessenen Größen an!
Beziehen Sie sich auf ein Wertepaar, das dem Mittelwert nahekommt!

Einzelexperimente Klasse 12

Zusammenhang zwischen Drehmoment, Trägheitsmoment und Winkelbeschleunigung	E 5

Aufgabe

Bestimmen Sie unter Verwendung des Drehmomentes und der Winkelbeschleunigung das Trägheitsmoment eines hantelförmigen, drehbar gelagerten Körpers!

5.1. Bauen Sie eine Experimentieranordnung auf, bei der ein hantelförmiger Körper über eine Antriebsrolle mit dem Radius r durch die Gewichtskraft F eines Hakenkörpers in gleichmäßig beschleunigte Drehung versetzt wird!
Leiten Sie eine Gleichung her, nach der man die Winkelbeschleunigung mit Hilfe des zurückgelegten Weges s des Hakenkörpers, der dazu benötigten Zeit t und des Radius r der Antriebsrolle ermitteln kann!
Führen Sie mindestens 5 Messungen zur Bestimmung von s und t aus!
Berechnen Sie die Winkelbeschleunigung α!
Bestimmen Sie das Drehmoment M aus der Gewichtskraft F des Hakenkörpers und dem Radius r der Antriebsrolle!

Berechnen Sie das Trägheitsmoment J des hantelförmigen Körpers aus dem Drehmoment und der Winkelbeschleunigung!

5.2. Wiederholen Sie das Experiment mit der doppelten Gewichtskraft des Hakenkörpers!
Bestimmen Sie wiederum α, M und J!
Vergleichen Sie diese drei Größen mit den in 5.1. ermittelten Größen!
Berechnen Sie das Trägheitsmoment J des hantelförmigen Körpers unter Verwendung der Abmessungen des Körpers (die Masse der Haltestange wird vernachlässigt, die Teilmassen des Körpers werden als Punktmassen angesehen)! Vergleichen Sie die experimentell und rechnerisch ermittelten Trägheitsmomente!
Geben Sie die systematischen Fehler an, die bei den Messungen zu beachten sind!

Spannung und Stromstärke bei Reihenschaltung zweier Widerstände — E 6

Aufgabe

Untersuchen Sie in einem Stromkreis mit einem veränderlichen und einem konstanten Widerstand die Abhängigkeit der Spannungen und der Stromstärke vom veränderlichen Widerstand!

Nehmen Sie die Kennlinie einer Glühlampe auf!

6.1. Skizzieren Sie einen Schaltplan zur Messung der Stromstärke und der Spannungen an zwei in Reihe geschalteten Widerständen R_1 und R_2 (R_1 veränderlich, $0 \leqq R_1 \leqq 50\,\Omega$) bei konstanter Gesamtspannung!
Es sind nacheinander jeweils 6 Meßwerte für folgende Beziehungen aufzunehmen:
- die Abhängigkeit der Stromstärke I vom veränderlichen Widerstand R_1;
- die Abhängigkeit der Spannung U_1 an R_1 vom veränderlichen Widerstand R_1;
- die Abhängigkeit der Spannung U_2 an R_2 vom veränderlichen Widerstand R_1.

Stellen Sie die genannten Abhängigkeiten grafisch dar!
Formulieren Sie wichtige Gesetzmäßigkeiten über das Verhalten von Stromstärke und Spannung in einem unverzweigten Stromkreis mit einem konstanten und einem veränderlichen Widerstand!

6.2. Skizzieren Sie den Schaltplan für die Aufnahme der I-U-Kennlinie einer Glühlampe unter Verwendung einer Potentiometerschaltung!
Nehmen Sie die I-U-Kennlinie der Glühlampe auf, und stellen Sie diese grafisch dar!
Begründen Sie den nichtlinearen Verlauf der Kennlinie!
Geben Sie den systematischen Fehler in Prozent an, der durch die Meßgeräte bei den Messungen entsteht!

Stromstärke - Spannung - Kennlinien von Bauelementen

E 7

Aufgabe

Nehmen Sie die *I-U*-Kennlinie eines Flächengleichrichters auf, und stellen Sie durch Aufnahme von *I-U*-Kennlinien fest, welche Bauelemente sich in zwei vorgegebenen black boxes befinden!

7.1. Fertigen Sie zunächst einen Schaltplan zur Aufnahme der *I-U*-Kennlinie eines Germanium-Flächengleichrichters an! Nutzen Sie eine Potentiometerschaltung, und beachten Sie, daß die maximale Stromstärke nicht überschritten werden darf! (Für OY 111 ist $I_{max} = 1$ A.)
Nehmen Sie die Meßwerte auf, und zeichnen Sie die Kennlinie!
Begründen Sie den Kennlinienverlauf!

7.2. In den zwei vorliegenden black boxes sind elektrische Bauelemente enthalten (ohmscher Widerstand, Spule, Thermistor, Glühlampe).
Stellen Sie durch Aufnahme von *I-U*-Kennlinien fest, um welche Bauelemente es sich handelt!
Begründen Sie Ihre Entscheidung nach dem Zeichnen der Kennlinien!

Stromstärke - Temperatur - Diagramm eines Thermistors

E 8

Aufgabe

Ermitteln Sie an einem Thermistor experimentell die Abhängigkeit der Stromstärke von der Temperatur!

8.1. Fertigen Sie einen Schaltplan an, um Spannung und Stromstärke an einem Thermistor messen zu können!
Bauen Sie die Schaltung auf, legen Sie eine kleine Gleichspannung an, und halten Sie diese Spannung während der Messung konstant!
Tauchen Sie den Thermistor in destilliertes, heißes Wasser, und messen Sie die Stromstärke!
Verringern Sie schrittweise die Temperatur des Wassers durch Zufügen von kaltem Wasser, und messen Sie jeweils die Stromstärke und die Temperatur!
Zeichnen Sie das Stromstärke-Temperatur-Diagramm!
Berechnen Sie aus Ihren Meßwerten die Widerstände des Thermistors für die einzelnen Temperaturen, und zeichnen Sie das Widerstands-Temperatur-Diagramm!

8.2. Überprüfen Sie experimentell, wie sich die Widerstände von Eisen und Konstantan bei Temperaturveränderung verhalten! Zeichnen Sie dazu die Widerstands-Temperatur-Diagramme!
Begründen Sie den Verlauf der Kurven!

Wärmekapazität eines Kalorimeters — Th 1

Aufgabe

Bestimmen Sie experimentell die Änderung der inneren Energie je Kelvin Temperaturerhöhung bei Wärmezufuhr an ein Kalorimeter (Wärmekapazität)!

Vorbetrachtungen

1. Geben Sie Formelzeichen und Einheit der zu bestimmenden Größe an!
2. Welchen Zusammenhang zwischen Energiebilanz und kalorischer Zustandsgleichung gibt es für Vorgänge bei konstantem Druck?
3. Zur Lösung der Aufgabe füllen Sie erwärmtes Wasser in ein Kalorimetergefäß, das mit kaltem Wasser etwa halb gefüllt ist. Die Wassermengen werden vermischt. Dabei erwärmt das zugegebene Wasser das Kalorimetergefäß einschließlich der darin enthaltenen Flüssigkeit. Stellen Sie eine Energiebilanz für diesen Vorgang auf, und lösen Sie die so erhaltene Gleichung nach der Wärmekapazität auf!

Geräte und Hilfsmittel

1 Aluminiumtopf 250 ml
2 Becherglas 250 ml
3 Becherglas 100 ml
4 Asbesteinsatz für Kalorimeter
5 Deckel für Kalorimeter
6 Rührer
7 Thermometer 1/1°-Teilung
8 Meßzylinder 100 ml
9 Heizplatte mit Geräteschnur
10 Asbestuntersatz
11 Fließpapier
12 Vorratsgefäß mit Wasser von Zimmertemperatur
13 V-Fuß

Experimentieranordnung

Ablauf des Experiments

1. Erwärmen Sie im Aluminiumtopf Wasser auf der Heizplatte!
2. Setzen Sie das Kalorimeter aus Aufbauteilen zusammen!
3. Füllen Sie es etwa zur Hälfte mit Wasser von Zimmertemperatur, dessen Masse m_B Sie über eine Volumenmessung bestimmten!

4. Kontrollieren Sie unter ständigem Rühren den Temperaturverlauf im Kalorimeter. Bleibt die Temperatur längere Zeit unverändert, lesen Sie diesen Wert als Anfangstemperatur ϑ_{aB} ab!
5. Schalten Sie die Heizplatte ab, nehmen Sie den Aluminiumtopf von der Platte, und stellen Sie ihn auf einen Holzuntersatz. Messen Sie die Temperatur ϑ_{aA} des erwärmten Wassers!
6. Füllen Sie das Kalorimetergefäß mit erwärmtem Wasser bis zu etwa 75% auf! Diese Tätigkeit muß zügig erfolgen!
7. Bestimmen Sie unter ständigem Rühren die Mischungstemperatur ϑ_m beider Wassermengen! Sie ist dann erreicht, wenn Sie am Boden und an der Oberfläche die gleiche Temperatur messen.
8. Messen Sie über das Volumen die Gesamtmasse des Wassers im Kalorimetergefäß! Bestimmen Sie die Masse m_A des zugegebenen erwärmten Wassers als Differenz $m_A = m - m_B$!
9. Erwärmen Sie das Wasser im Aluminiumtopf erneut! Spülen Sie das Kalorimetergefäß in Wasser von Zimmertemperatur, und trocknen Sie es mit Fließpapier! Führen Sie eine zweite Messung durch!

Meßprotokoll

$c_W =$

Lfd. Nr.	m in g	m_B in g	m_A in g	ϑ_{aB} in °C	ϑ_{aA} in °C	ϑ_m in °C	K in kJ · K^{-1}
1							
2							

Auswertung

1. Berechnen Sie die Wärmekapazität des Kalorimeters aus jeder Messung!
2. Erfragen Sie beim Lehrer, ob Ihre Meßergebnisse den Erfahrungswerten mit dieser Apparatur entsprechen! Übernehmen Sie die Antwort in das Protokoll!
3. Geben Sie systematische und zufällige Fehler an, die Ihre Meßergebnisse beeinflußten! Welche der Fehler haben einen großen Einfluß auf das Ergebnis? Begründen Sie Ihre Aussagen! Suchen Sie bei großen Unterschieden zwischen den Meßergebnissen nach den Ursachen!

Spezifische Wärmekapazität eines festen Metallkörpers — Th 2

Aufgabe

Bestimmen Sie experimentell die spezifische Wärmekapazität eines festen Metallkörpers, und schließen Sie daraus, aus welchem Metall er besteht!

Vorbetrachtungen

1. Geben Sie Formelzeichen und Einheit der zu bestimmenden Größe an!
2. Übernehmen Sie die Gleichung über den Zusammenhang zwischen Energiebilanz und kalorischer Zustandsgleichung bei konstantem Druck und das Meßergebnis der Wärmekapazität des Kalorimeters aus dem Protokoll von Th 1! Erfragen Sie die Masse des Metallkörpers beim Lehrer!
3. Zur Lösung der Aufgabe bringen Sie den erwärmten Metallkörper in ein Kalorimetergefäß, das mit kaltem Wasser gefüllt ist. Der Metallkörper erwärmt das Wasser und das Kalorimeter. Geben Sie eine Energiebilanz für diesen Vorgang an, und stellen Sie die so erhaltene Gleichung nach der spezifischen Wärmekapazität des Metallkörpers um!

Geräte und Hilfsmittel

1 bis 13 wie bei Th 1
14 Metallkörper bekannter Masse mit Haltefaden
15 Stativstab 500 mm
16 Stativstab 250 mm
17 Kreuzmuffe
18 Ringhaken

Experimentieranordnung

Ablauf des Experiments

1. Erwärmen Sie im Aluminiumtopf Wasser! Hängen Sie gleichzeitig den Metallkörper so in den Topf, daß er vom Wasser bedeckt ist, aber nicht die Wände berührt!
2. Setzen Sie das Kalorimeter aus Aufbauteilen zusammen!
3. Füllen Sie es mit Wasser von Zimmertemperatur, dessen Masse m_B so groß sein muß, daß der Metallkörper darin vollständig eingetaucht werden kann (über Volumenmessung)!
4. Kontrollieren Sie unter ständigem Rühren den Temperaturverlauf im Kalorimeter. Bleibt die Temperatur längere Zeit unverändert, lesen Sie diesen Wert als Anfangstemperatur ϑ_{aB} ab!
5. Erwärmen Sie das Wasser im Aluminiumtopf bis in die Nähe des Siedepunktes! Danach schalten Sie die Heizplatte ab, nehmen den Topf mit dem Metallkörper von der Heizplatte und stellen ihn auf den Holzuntersatz. Messen Sie die Temperatur ϑ_{aA} des erwärmten Wassers! Sie ist identisch mit der Temperatur des erwärmten Metallkörpers.
6. Nehmen Sie den Metallkörper aus dem Topf und bringen Sie ihn in das Kalorimetergefäß so ein, daß er den Boden nicht berührt, aber vom Wasser bedeckt ist! Diese Tätigkeit muß zügig erfolgen!
7. Bestimmen Sie unter ständigem Rühren die Temparatur des durch den Metallkörper erwärmten Wassers! Der Höchstwert der Temperatur ist die Mischungstemperatur ϑ_m.
8. Spülen Sie das Kalorimetergefäß in Wasser von Zimmertemperatur, trocknen Sie es mit Fließpapier, und führen Sie eine zweite Messung durch! Das warme Wasser kann zur Erwärmung des Metallkörpers erneut verwendet werden.

Meßprotokoll

Masse des Metallkörpers m_A =
Wärmekapazität des Kalorimeters K =

Lfd. Nr.	m_B in g	ϑ_{aB} in °C	ϑ_{aA} in °C	ϑ_m in °C	c_A in $kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
1					
2					

Auswertung

1. Berechnen Sie die spezifische Wärmekapazität des Metallkörpers aus jeder Messung!
2. Vergleichen Sie Ihre Meßergebnisse mit den tabellierten Werten der spezifischen Wärmekapazität der Metalle! Ermitteln Sie die Stoffart des Metallkörpers!
3. Gelingt es Ihnen nicht, beide Meßergebnisse einem Stoff zuzuordnen, so erfragen Sie beim Lehrer, welches Ihrer Ergebnisse das bessere ist!
4. Geben Sie systematische und zufällige Fehler an, die Ihre Meßergebnisse beeinflußten! Welche Fehler haben einen großen Einfluß auf das Ergebnis? Begründen Sie Ihre Aussage! Suchen Sie bei großen Unterschieden zwischen den Meßergebnissen nach den Ursachen! Beziehen Sie die Hinweise zum Ablauf des Experiments in die Fehlerdiskussion ein!

Brechzahl von Glas
Grenzwinkel der Totalreflexion — O 3
O 4

Aufgabe

Bestimmen Sie die Brechzahl für Glas, und ermitteln Sie den Grenzwinkel beim Übergang des Lichtes von Glas nach Luft!

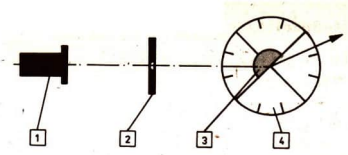
Vorbetrachtungen

1. Wie lautet das Brechungsgesetz des Lichtes? Formulieren Sie es für den Spezialfall $n_{Luft} = 1$!
2. Unter welchen Bedingungen tritt Totalreflexion des Lichtes auf?

Geräte und Hilfsmittel

1 Experimentierleuchte mit Zubehör
2 Spaltblende
3 halbkreisförmiger Flachglaskörper
4 Winkelmesser von 0° bis 360°
5 Halterung für den halbkreisförmigen Flachglaskörper und den Winkelmesser

Experimentieranordnung



Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Versuchsanordnung nach vorgegebener Skizze auf! Erzeugen Sie mit der Spaltblende ein möglichst schmales und paralleles Lichtbündel, und lassen Sie das Lichtbündel genau senkrecht auf die gewölbte Fläche des halbkreisförmigen Flachglaskörpers auffallen! Das Licht soll ohne jede Ablenkung in den Glaskörper eindringen und auf die Mitte der Planfläche des Flachglaskörpers auftreffen.
2. Messen Sie zu jedem eingestellten Einfallswinkel den dazugehörigen Brechungswinkel! Vergrößern Sie den Einfallswinkel dabei immer schrittweise um jeweils 5°, und zwar so lange, bis keine Brechung des Lichtes mehr auftritt!
3. Tragen Sie die Winkelwerte in die Meßwerttabelle ein, und errechnen Sie für jedes Wertepaar der Winkel die Brechzahl des Glases n_{Glas}!
4. Drehen Sie den halbkreisförmigen Flachglaskörper nebst Winkelmesser so, daß der Brechungswinkel gerade 90° beträgt! Tragen Sie den dazugehörigen Grenzwinkel α_G in die Meßwerttabelle, 2. Teil, ein!

Meßprotokoll

1. Teil

α	β	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	$n_{Glas} = \frac{\sin \ldots}{\sin \ldots}$

$\bar{n}_{Glas} =$

2. Teil

α_g	β	$\sin \alpha_G$	$\sin \beta$
	90°		1

Auswertung

1. Berechnen Sie für jede Messung die Brechzahl, und bilden Sie den Mittelwert aller Brechzahlen!
2. Vergleichen Sie $\bar{n}_{Glas}$ mit $n_{Glas} = \frac{1}{\sin \alpha_G}$!

Bildweite und Bildgröße bei einer Sammellinse	O 5

Aufgabe

Bestimmen Sie bei der Abbildung eines Gegenstandes durch eine Sammellinse mit bekannter Brennweite die Bildweite und die Bildgröße!

Vorbetrachtungen

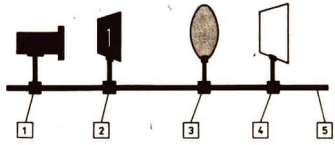
1. Wie heißt die Abbildungsgleichung für Linsen, und unter welchen Bedingungen gilt sie?
2. Wie ist der Abbildungsmaßstab einer optischen Abbildung definiert?

Geräte und Hilfsmittel

1 Experimentierleuchte mit Zubehör
2 beleuchteter oder selbstleuchtender Gegenstand
- Blende mit einer „1", einem „L" oder einer ähnlichen Form
- Kerzenflamme

3 Sammellinse mit nicht zu kurzer Brennweite ($f = \ldots$)
4 Auffangschirm
5 Optische Schiene mit Reitern
6 Meßlatte
7 Stechzirkel

Experimentieranordnung



Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Experimentieranordnung auf, und bilden Sie den Gegenstand, d. h. die gut ausgeleuchtete „1"-Blende, „L"-Blende, ... oder die Kerzenflamme mit Hilfe einer Sammellinse auf den Auffangschirm scharf ab!
2. Messen Sie mit der Meßlatte die Gegenstandsweite und die Bildweite und mit Hilfe des Stechzirkels die Gegenstandsgröße und die Bildgröße!
3. Wiederholen Sie das Experiment bei mehrfach geänderter Gegenstandsweite! Vergrößern oder verkleinern Sie dazu die Gegenstandsweite jeweils um 10 cm! Tragen Sie die Meßwerte in das Meßprotokoll ein!

Meßprotokoll

Lfd. Nr.	f in cm	s in cm	y in cm	s' gemessen in cm	s' errechnet in cm	y' gemessen in cm	y' errechnet in cm
1							
2							
3							
.							
.							

Auswertung

Errechnen Sie für jede Gegenstandseinstellung die Bildweite s' und die Bildgröße y', und vergleichen Sie die errechneten Werte mit den gemessenen Werten!
Geben Sie die prozentuale Abweichung des gemessenen Werts vom errechneten Wert (= 100%) an!
Nennen Sie Fehlerquellen, die Einfluß auf das Meßergebnis haben!

Beugungsspektren und Wellenlänge des Lichtes — O 6

Aufgabe

Erzeugen Sie mit Hilfe eines optischen Gitters ein Beugungsspektrum, und bestimmen Sie die Wellenlänge des roten und des blauen Lichts!

Vorbetrachtungen

1. Machen Sie sich noch einmal das Zustandekommen der Interferenzgleichung

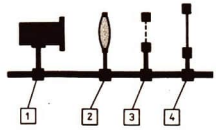
$$\sin\alpha = \frac{n \cdot \lambda}{b}$$ klar!

2. Ersetzen Sie in der Interferenzgleichung den Ausdruck $\sin\alpha$ durch das Verhältnis der entsprechenden Strecken! Überlegen Sie dabei, welche Strecken sich im Versuchsaufbau für die Längenmessungen besonders eignen! Ändern Sie – unter Berücksichtigung kleiner Winkel – die Interferenzgleichung etwas ab, indem Sie eine andere Winkelfunktion wählen!
3. Lassen Sie sich die Gitterkonstante des Beugungsgitters vom Lehrer nennen!

Geräte und Hilfsmittel

1 Experimentierleuchte mit Kondensorlinse und Leuchtspalt
2 Abbildungslinse
3 Gitter mit Blendrahmen
4 Auffangschirm
5 Optische Schiene mit Reitern
6 Rotlichtfilter
7 Blaulichtfilter
8 Meßstab
9 Stechzirkel

Experimentieranordnung



Ablauf des Experiments

1. Erzeugen Sie zunächst ohne Gitter ein scharfes Bild des Spaltes auf dem Auffangschirm! Wählen Sie hierbei den Abstand zwischen Spalt und Auffangschirm im Vergleich zur Brennweite der Abbildungslinse hinreichend groß!
2. Bringen Sie das Gitter zwischen Abbildungslinse und Auffangschirm in den Strahlengang des Lichtes, so daß farbige Beugungsspektren auf dem Auffangschirm erscheinen!
3. Bringen Sie ein Rotlichtfilter in den Strahlengang!
4. Messen Sie mit einem geeigneten Längenmeßgerät die jeweils notwendige Länge (vgl. hierzu die Vorbetrachtung Punkt 2.), und tragen Sie die entsprechenden Meßwerte in die Meßwerttabelle ein! Führen Sie die Messungen für Spektren unterschiedlicher Ordnung durch!
5. Wiederholen Sie das Experiment mit einem Blaulichtfilter!

Meßprotokoll

Vervollständigen Sie den Kopf der Meßwerttabellen!

b in ...	n			... in ...

Meßwerttabelle für rotes Licht

b in ...	n			... in ...

Meßwerttabelle für blaues Licht

Auswertung

1. Diskutieren Sie das Experimentierergebnis, und schätzen Sie die Meßwerte kritisch ein! Berücksichtigen Sie vor allem alle Näherungen!
2. Vergleichen Sie den Strahlenverlauf in der Experimentieranordnung mit dem Strahlenverlauf zur Ableitung der Interferenzgleichung! Welche Schlüsse müssen daraus bei der Anwendung der Interferenzgleichung auf die Experimentieranordnung gezogen werden?

Abhängigkeit der Winkelbeschleunigung vom Betrag und vom Angriffspunkt der Kraft

M 1

Aufgaben

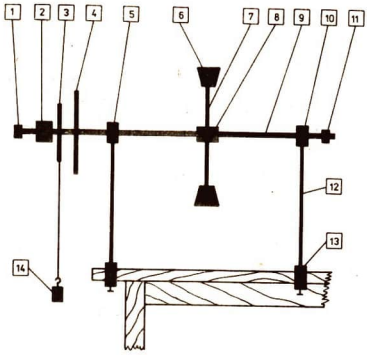
A) Untersuchen Sie die Abhängigkeit der Winkelbeschleunigung eines hantelförmigen Körpers vom Betrage einer tangential angreifenden Antriebskraft bei konstantem Radius!

B) Untersuchen Sie die Abhängigkeit der Winkelbeschleunigung eines hantelförmigen Körpers vom Antriebsradius einer tangential angreifenden konstanten Antriebskraft!

Geräte und Hilfsmittel

1 Rad der Gleitlagerachse ($r = 15$ mm)
2, 6 drei Rundfüße ($r = 30$ mm)
3 Rundtisch, klein ($r = 45$ mm)
4 Rundtisch, groß ($r = 90$ mm)
5, 10 zwei Kugellager, auch Gleitlagerachsen sind geeignet
7 zwei Stäbe 250 mm
8 Schiebedoppelmuffe
9 Stab 750 mm
11 Stellring
12 zwei Stäbe 500 mm
13 zwei Tischklemmen
14 Wägesatz 250 g mit etwa 1,5 m langer Schnur, Hakenkörper
15 Stoppuhr
16 Meßstab

Experimentieranordnung



Vorbetrachtungen

1. Leiten Sie aus dem Weg-Zeit-Gesetz und dem Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung für $v_0 = 0$ und $s_0 = 0$ eine Gleichung her, mit der Sie aus Gesamtweg und Gesamtzeit die Endgeschwindigkeit errechnen können!
2. Ein Punkt an der Peripherie eines Rotationskörpers bewegt sich mit der Geschwindigkeit v. Wie kann man die Winkelgeschwindigkeit ω des Körpers berechnen?
3. Wie errechnet man ein Drehmoment? Sind in der Experimentieranordnung die Richtungsbedingungen erfüllt?

Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Apparatur nach dem Bild zusammen! Achten Sie auf gutes Auswuchten des hantelförmigen Teiles!

   Hinweis: Beim Experimentieren in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeit müssen die Apparaturen aller Gruppen völlig gleichartig aufgebaut sein. Überprüfen Sie vor allem die hantelförmigen Teile!

Zum Teilexperiment A

2. Wählen Sie einen der möglichen Antriebsradien (Teile 1, 2, 3 oder 4) aus, befestigen Sie die Schnur, wickeln Sie sie gleichmäßig auf und befestigen Sie den Hakenkörper 14 am anderen Ende! Seine Gewichtskraft ist die konstante Antriebskraft. (Reibung kann vernachlässigt werden, Lager gut ausrichten und evtl. ölen.)
3. Lassen Sie den Hakenkörper eine bestimmte Strecke s ablaufen, dadurch wird der hantelförmige Drehkörper gleichmäßig beschleunigt! Messen Sie die Ablaufzeit! (Mehrere Wiederholungen, Mittelwert!)

Zum Teilexperiment B

4. Befestigen Sie die Schnur mit dem Hakenkörper 14 an der kleinsten Antriebsrolle 1, wickeln Sie die Schnur gleichmäßig auf!
5. Lassen Sie den Hakenkörper eine bestimmte Strecke s ablaufen! Messen Sie die Ablaufzeit! (Mehrere Wiederholungen, Mittelwert!)
6. Wiederholen Sie die Messung mit dem gleichen Hakenkörper an den Antriebsrollen 2, 3 und 4!

Meßprotokoll

Auswertung

1. Berechnen Sie für jede Antriebskraft F bzw. für jeden Antriebsradius r die Endbahngeschwindigkeit v, die Endwinkelgeschwindigkeit ω und die Winkelbeschleunigung α!
2. Stellen Sie α in Abhängigkeit von F bzw. von r grafisch dar! Welche Gesetzmäßigkeiten erkennen Sie aus den Darstellungen?
3. Die Ergebnisse der Teilexperimente A und B lassen sich zusammenfassen. Das ist unter den oben genannten Bedingungen auch bei Arbeitsteilung in getrennt-gemeinschaftlichem Experimentieren möglich.
   Berechnen Sie für alle Antriebskräfte F und für alle Antriebsradien r das Drehmoment $M_D = F \cdot r$, und stellen Sie die gemessenen Winkelbeschleunigungen in Abhängigkeit vom Drehmoment grafisch dar!
   Welcher gesetzmäßige Zusammenhang ist aus der Darstellung erkennbar?

Meßwerte			
Antriebskraft F in N	Ablaufstrecke s in m	Antriebsradius r in m	Zeit t in s

Rechenwerte			
Endbahn-geschwindigkeit $v = \frac{2s}{t}$ in $m \cdot s^{-1}$	Endwinkel-geschwindigkeit $\omega = \frac{v}{r}$ in s^{-1}	Winkel-beschleunigung $\alpha = \frac{\omega}{t}$ $\alpha = \frac{2s}{r \cdot t^2}$ in s^{-2}	Drehmoment $M_D = F \cdot r$ in $N \cdot m$

4. Bestimmen Sie aus dieser letzten Darstellung das Trägheitsmoment der Experimentierapparatur!
5. Bei den Messungen wurde die Reibung vernachlässigt. In welchem Sinne wirkt sich diese Vernachlässigung auf den Betrag des errechneten Trägheitsmomentes aus? Begründung!

Abhängigkeit der Winkelbeschleunigung vom Trägheitsmoment — M 2

Aufgabe

Untersuchen Sie die Abhängigkeit der Winkelbeschleunigung eines hantelförmigen Körpers von dessen Trägheitsmoment!

Vorbetrachtungen

1. Zeichnen Sie den Graph der Funktion $y = x^{-1}$ und den Graph der Funktion $y = x^{-2}$ in ein x-y-Koordinatensystem!

2. Zeichnen Sie den Graph der Funktion $y = x^{-1}$ in ein System mit reziprok geteilter y-Achse und linear geteilter x-Achse! Was stellen Sie fest? Begründung!
3. Zeichnen Sie den Graph der Funktion $y = x^{-2}$ in ein System mit reziprok geteilter y-Achse und quadratisch geteilter x-Achse! Was stellen Sie fest? Begründung!

Geräte und Hilfsmittel, Experimentieranordnung

wie beim Schülerexperiment M 1

Ablauf des Experiments

Durch Verschieben der Rundfüße 6 auf dem hantelförmigen Körper und durch Ansetzen weiterer Rundfüße läßt sich das Trägheitsmoment $J = m \cdot R^2$ verändern. Entwerfen Sie im Klassenkollektiv einen Plan für die Lösung der gestellten experimentellen Aufgabe in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeit! Gegebenenfalls kann diese Aufgabe mit der Durchführung des Experimentes M 1 gekoppelt werden.

Auswertung

Meßwerte			**Rechenwerte**	
Masse	Abstand	Zeit	Endbahn-geschwindigkeit	Endwinkel-geschwindigkeit
m	R	t	$v = \frac{2s}{t}$	$\omega = \frac{v}{r}$
in kg	in m	in s	in $m \cdot s^{-1}$	in s^{-1}

1. Tragen Sie die Meßwerte in die Tabelle ein, berechnen Sie daraus die abgeleiteten Größen!
2. Stellen Sie grafisch dar: Die Winkelbeschleunigung α in Abhängigkeit von der Masse m!
   Die Winkelbeschleunigung α in Abhängigkeit vom Abstand R der Zusatzmasse von der Hantelachse.
   Das Reziproke der Winkelbeschleunigung α in Abhängigkeit von der Masse m.
   Das Reziproke der Winkelbeschleunigung α in Abhängigkeit von dem Quadrat des Abstandes R!
3. Ziehen Sie Schlußfolgerungen aus diesen Darstellungen!

4. Stellen Sie grafisch dar: Das experimentell bestimmte Trägheitsmoment $J = \frac{M_D}{\alpha} = \frac{F \cdot r}{\alpha}$ in Abhängigkeit erstens von m, zweitens von R sowie drittens von R^2!
   Ziehen Sie daraus Schlußfolgerungen!
5. Der hantelförmige Körper besteht aus einem in der Mitte gelagerten Stab und den beiden Rundfüßen, die man als Massepunkte im Abstand R von der Achse auffassen kann. Berechnen Sie das Trägheitsmoment des hantelförmigen Körpers mit den Gleichungen (46) und (56) als Summe der Trägheitsmomente seiner Teile! Vergleichen Sie das Rechenergebnis mit dem experimentell ermittelten Trägheitsmoment! Diskutieren Sie etwaige Unterschiede!

Antrieb: $F =$ N; $r =$ m; $M_D = F \cdot r =$ N · m = konstant

Ablaufstrecke: $s =$ m

Winkelbeschleunigung			experimentell bestimmtes Trägheitsmoment
$\alpha = \frac{\omega}{t}$ $\alpha = \frac{2s}{r \cdot t^2}$	$\frac{1}{\alpha}$	R^2	$J_e = \frac{M_D}{\alpha} = \frac{F \cdot r}{\alpha}$
in s^{-2}	in s^2	in m^2	in $kg \cdot m^2$

Reihenschaltung eines konstanten und eines stellbaren Widerstandes — L 3

Aufgabe

Bestimmen Sie bei einer Reihenschaltung eines konstanten Widerstandes R_k und eines stellbaren Widerstandes R_s die Abhängigkeit der Stromstärke I_g und der Teilspannung U_s vom Drehwinkel α des Drehwiderstandes! Die Gesamtspannung wird konstant gehalten.

Vorbetrachtungen

1. Übertragen Sie die Schaltung gemäß dem Bild des Lehrbuches in das Meßprotokoll!
2. Arbeiten Sie die Herleitung der entsprechenden Gleichung im Lehrbuch durch, und lösen Sie die Aufgaben!
3. Geben Sie die Grenzfälle der Stromstärke I_g und der Teilspannung U_s in allgemeiner Schreibweise an!

Geräte und Hilfsmittel

Schülerstromversorgungsgerät SVG
1–2 Meßinstrumente Polytest
1 Widerstand $R_k = 51\,\Omega$
1 Drehwiderstand $0 \leqq R_s \leqq 50\,\Omega$ mit Gradscheibe zur Winkelablesung

Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Schaltung auf, und sehen Sie am Stromversorgungsgerät eine Spannung $U_g = 5$ V vor! Lassen Sie die Schaltung vom Lehrer überprüfen!
2. Tragen Sie in die Schaltung ein, wie U_g, I_g und U_s gemessen werden!
3. Berechnen Sie die in Punkt 3 der Vorüberlegung genannten Grenzfälle, und legen Sie danach die Meßbereiche fest!
4. Überlegen Sie, wie Sie die Gradscheibe drehen müssen, um 6 Meßwerte zu erhalten, und wie Sie aus den Winkelangaben auf den Widerstand R_s schließen können (bei einwandfreier Fertigung ist der Widerstand dem Drehwinkel proportional)!
5. Messen Sie zunächst U_g und danach I_g und U_s gleichzeitig oder nacheinander (je nach der Zahl der vorhandenen Meßgeräte), und fertigen Sie das Protokoll an!
6. Vergleichen Sie die theoretischen und experimentellen Ergebnisse, und analysieren Sie die Fehlerquellen der Messungen!

Protokoll

Reihenschaltung eines konstanten und eines stellbaren Widerstandes
Name: Klasse:
Schaltplan:
Antworten zu den Aufgaben der Vorbetrachtung:
2.
3.
Meßwerte: (U_g = konstant)
α in ...
R_s in ...
I_g in ...
U_s in ...
Diagramm:

Aufnahme der *I-U*-Kennlinie einer Glühlampe und eines Thermistors	L 4

Aufgabe

Messen Sie die Stromstärke und Spannung bei einer Glühlampe und einem Thermistor, und zeichnen Sie die *I-U*-Kennlinie!

Vorbetrachtungen

1. Entwerfen Sie die Schaltskizze bei stromrichtiger Schaltung der Meßgeräte!
2. Warum sind gekrümmte Kennlinien zu erwarten?
3. Sagen Sie den prinzipiellen Verlauf beider Kennlinien voraus!
4. Inwieweit liegt eine Abhängigkeit der Stromstärke von der Polung der angelegten Spannung vor?

Geräte und Hilfsmittel

Schülerstromversorgungsgerät SVG
2 Meßinstrumente Polytest
1 Glühlampe (etwa 6 V 0,4 A)
1 Thermistor (Kaltwiderstand etwa 1 kΩ bis 3 kΩ)

Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Schaltung auf, und lassen Sie sie vom Lehrer überprüfen! Die verschiedenen Spannungen werden den entsprechend gekennzeichneten Buchsen des Stromversorgungsgerätes entnommen. Beginnen Sie mit kleinen Spannungen (1 ... 2 V), und wählen Sie den Strommeßbereich so, daß gerade ein deutlich ablesbarer Ausschlag auftritt!
2. Beachten Sie, daß die Stromstärke im Thermistor bei jeweils konstanter Spannung solange ansteigt, bis sich ein thermisches Gleichgewicht einstellt!
3. Tragen Sie die Ergebnisse in das Meßprotokoll ein, und vergleichen Sie diese mit den Voraussagen der Vorbetrachtungen!
4. Berechnen Sie den Widerstand der von Ihnen verwendeten Glühlampe bei der Nennspannung U_N sowie bei $U = \frac{1}{2} U_N$ und $U = \frac{1}{10} U_N$! Erklären Sie mit diesen Werten den Einschaltstromstoß, der bei Glühlampen auftritt!

Protokoll

Aufnahme der *I-U*-Kennlinie einer Glühlampe und eines Thermistors
Name: Klasse:
Schaltplan:
Antworten zu den Aufgaben der Vorbetrachtung:
2.
3.
4.

Meßwerte:

U in V	0	1	2	3	4	5	6	
I in mA								Kurve a
I in mA								Kurve b

Diagramm:

Aufnahme der *I-U*-Kennlinie einer Halbleiterdiode — L 5

Aufgabe

Messen Sie Stromstärke und Spannung in einer Germanium- bzw. Siliziumdiode in Durchlaß- und Sperrichtung, und zeichnen Sie die *I-U*-Kennlinie!

Vorbetrachtungen

1. Entwerfen Sie den Schaltplan unter Beachtung folgender Bedingungen:
   1.1. Zur Diode wird ein Widerstand $R \approx 500\,\Omega$ in Reihe geschaltet. Gemessen werden die Stromstärke und die Teilspannung an der Diode.
   1.2. Die Messungen erfolgen bei Durchlaßrichtung der Diode in spannungsrichtiger Schaltung, bei Sperrichtung in stromrichtiger Schaltung der Meßgeräte!
2. Informieren Sie sich über die Grenzdaten der von Ihnen benutzten Diode!
3. Begründen Sie die in 1. gestellten Bedingungen!

Geräte und Hilfsmittel

Schülerstromversorgungsgerät SVG
2 Meßinstrumente Polytest
1 Widerstand $R \approx 1\,k\Omega$
1 Germaniumdiode, z. B. OA 625, bzw.
1 Siliziumdiode, z. B. SAX 32
Bei Verwendung einer Diode mit einer maximalen Durchlaßstromstärke von ≈ 1 A (z. B. OY 110) ist $R \approx 100\,\Omega$ günstig.

Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Schaltung unter sorgfältiger Beachtung der in den Vorbetrachtungen genannten Bedingungen auf, und lassen Sie sie vom Lehrer überprüfen!
2. Die verschiedenen Spannungen werden den entsprechend gekennzeichneten Buchsen des Stromversorgungsgerätes entnommen. Beginnen Sie mit der Ge-

samtspannung 2 V, dem Meßbereich 3 V für die Teilspannung und dem Strommeßbereich 10 mA. Damit läßt sich gefahrlos die Durchlaß- von der Sperrichtung unterscheiden.

3. In Durchlaßrichtung benötigen Sie für die Messung der Teilspannung an der Diode einen kleinen Meßbereich (1 V), in Sperrichtung einen großen (10 V oder 20 V). Es ist möglich, daß der Sperrstrom bei der Siliziumdiode mit Ihrem Meßgerät nicht feststellbar ist.
   Beachten Sie in jedem Fall die Grenzdaten Ihres Bauelements!

Protokoll

Aufnahme der *I-U*-Kennlinie einer Halbleiterdiode
Name: Klasse:
Schaltplan:
Antworten zu den Aufgaben der Vorbetrachtungen:
2.
3.
Meßwerte:

	Sperrichtung (große Schritte)	Durchlaßrichtung (kleine Schritte)
U in V		
I in mA		

Diagramm:

Aufnahme der Stromstärke - Temperatur - Steuerkennlinie eines Thermistors — L 6

Aufgabe

Messen Sie die Stromstärke in einem Thermistor bei konstanter Spannung in Abhängigkeit von der Temperatur, und stellen Sie den *I-ϑ*-Zusammenhang als Steuerkennlinie dar!

Vorbetrachtungen

1. Entwerfen Sie den Schaltplan! Wählen Sie die stromrichtige Schaltung der Meßgeräte!
2. Nennen Sie den wesentlichen Unterschied zwischen der Aufnahme der *I-U*-Kennlinie und der *I-ϑ*-Kennlinie des Thermistors!
3. Erläutern Sie, daß die Anordnung nach Aufnahme der Kennlinie als Thermometer verwendet werden kann!
4. Thermistoren können sehr klein (kleiner als ein Stecknadelkopf) hergestellt werden. Überlegen Sie, wo solche kleinen Temperaturfühler benötigt werden!

Geräte und Hilfsmittel

Schülerstromversorgungsgerät SVG
1 ... 2 Meßgeräte Polytest
1 Thermistor (ähnlich wie in L 5)
1 Ölbad
1 Thermometer

Ablauf des Experiments

1. Bauen Sie die Experimentieranordnung auf (zunächst ohne Öl), und lassen Sie sie vom Lehrer überprüfen! Wenn nur ein Meßgerät zur Verfügung steht, wird auf die Messung der Spannung verzichtet.
2. Entnehmen Sie dem Stromversorgungsgerät die Spannung ≈ 1 V, und wählen Sie den Strommeßbereich so, daß gerade ein deutlicher Ausschlag erkennbar ist! Die Spannung wird dann nicht mehr verändert. Danach wird vorsichtshalber der Meßbereich des Strommessers um eine Stufe erweitert und heißes Öl in das Gefäß gefüllt. Für die Aufnahme der Meßreihe wird der natürliche Abkühlungsprozeß genutzt. Die Messungen beginnen erst, wenn der ursprünglich eingestellte Meßbereich nicht mehr überschritten wird.

Protokoll

Aufnahme der I-ϑ-Steuerkennlinie eines Thermistors
Name: Klasse:
Schaltplan:
Antworten zu den Aufgaben der Vorbetrachtungen:
2.
3.
4.
Meßwerte:
ϑ in °C
I in mA
Diagramm:

Kurzwort: 021164 Experim.Phys.11-12
Schulpreis DDR: 2,00