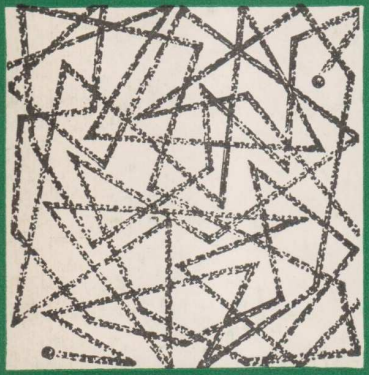
PHYSIK 11

PRAKTIKUM



PHYSIK

Praktikum für Klasse 11

Volk und Wissen
Volkseigener Verlag
Berlin · 1971

Autor: Helmut Penzel

Vom Ministerium für Volksbildung
der Deutschen Demokratischen Republik
als Schulbuch bestätigt

2. Auflage
Ausgabe 1969
Lizenz-Nr. 203 · 1000/70
ES 11 H
Redaktion: Werner Golm · Günter Meyer
Umschlag: Manfred Behrendt
Technische Illustrationen: Ingrid Schäfer
Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer" Bad Langensalza, V/12/6
Gesetzt aus der Bodoni-Antiqua
Redaktionsschluß: 22. 10. 1970
Bestell-Nr. 03 11 62-2 · Preis 0,80

Hinweise zum physikalischen Praktikum

Das Praktikum dient nicht nur der Vertiefung des erarbeiteten Stoffgebietes und dem Erwerb von Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit physikalischen Geräten, sondern es soll vor allem zeigen, wie vielfältig die Methoden sein können und müssen, um die in der Natur wirkenden Gesetze zu erforschen und nutzbringend anwenden zu können.

Die bei den Versuchsreihen auftretenden charakteristischen Meßwerte sind in einem Protokoll festzuhalten und auszuwerten. Das geschieht meist mit grafischen und rechnerischen Mitteln und hat das Ziel, ein Gesetz oder einen Zusammenhang aufzufinden.

Wegen des Umfanges mancher Versuche ist es unbedingt erforderlich, rechtzeitig vor der Ausführung des Versuches die Versuchsanleitung durchzuarbeiten, eventuell den Lehrer zu konsultieren, Meßtabellen vorzubereiten, damit die Unterrichtsstunde ausschließlich für den Aufbau und die Durchführung des Experimentes zur Verfügung steht.

Die Fragen und Aufgaben in den Vorbetrachtungen stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit dem nachfolgenden Versuch und lenken auf die Schwerpunkte hin. Ihre Beantwortung vor Versuchsbeginn sollte nicht unterbleiben.

In der Versuchsanleitung werden mitunter Hinweise erforderlich. Sie sind durch Hinweis gekennzeichnet. Bei Nichtbeachtung können Fehler- oder Unfallquellen entstehen oder Zeitverluste treten auf, so daß das Experiment nicht mehr in der dafür vorgesehenen Zeit durchgeführt werden kann.

In jedem Falle wird geraten, die in der Versuchsunterweisung vorgesehene Reihenfolge einzuhalten. Auslassungen, Fehler oder Doppelarbeiten sind damit weitgehend ausgeschlossen.

Bei fast allen Versuchen wird eine ausführliche Fehlerbetrachtung verlangt. Eine physikalische Größe kann nur dann sinnvoll in einem Gesetz verwendet werden, wenn man weiß, mit welcher Genauigkeit sie vorliegt. Aus diesem Grunde muß man sich stets Gedanken machen, wie die zu bestimmende Größe von dem jeweiligen Meßverfahren beeinflußt wird. In jedem Falle sind die dazu notwendigen Hilfen im Text enthalten.

Die vollständige Auswertung wird bei einer Reihe von Versuchen als Hausaufgabe erfolgen müssen.

Nutzen Sie die Ihnen während des Praktikums zur Verfügung stehende Zeit maximal. Jeder Angehörige einer Praktikumsgruppe sollte z. B. einmal einen Versuch oder eine Schaltung aufbauen und nicht nur derjenige, der es schon am besten kann. Denken Sie stets daran, daß nach Ihnen noch andere Gruppen den Versuch ausführen wollen, und daß sie ein Recht darauf haben, alle Geräte in einwandfreiem Zustand vorzufinden.

Das vorliegende Heft ist nicht zum Eintragen von Meßwerten, Antworten usw. vorgesehen. Jeder Schüler fertigt nach den Vorlagen ein eigenes Protokoll an.

Inhaltsverzeichnis

Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Schallwelle 5
Wellenlänge des monochromatischen Lichts 7
Aufnahme einer Polarimeter-Eichkurve 9
Abschätzen eines Moleküldurchmessers 13
Spezifische Wärme von Flüssigkeiten 15
Linearer Ausdehnungskoeffizient 17
Bestimmen des Spannungskoeffizienten für Gase 19
Bestimmen des Wirkungsgrades bei Energieumwandlung 23
Ermitteln der Wurfbahn 25
Messen von Geschoßgeschwindigkeiten 27
Messen von Geschoßgeschwindigkeiten 29
Bestimmen der Stoßkraft und Stoßdauer 31

Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Schallwelle | P 1

Aufgabe

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

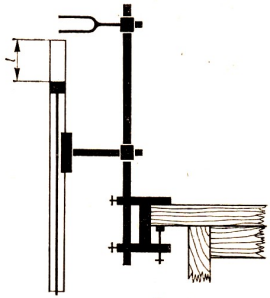
Vorbetrachtungen

1. Wiederholen Sie das Zustandekommen und die Eigenschaften stehender Wellen!
2. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Wellenlänge λ und dem Abstand zweier Knoten bzw. Schwingungsbäuche?
3. Welches Gesetz gilt für den Zusammenhang von Wellenlänge λ, Frequenz f und Ausbreitungsgeschwindigkeit c der Wellen?.
4. Unterscheiden Sie zwischen „erzwungenen Schwingungen" und „Resonanz"!
5. Schwingt die Luftsäule im Rohr in Resonanz, so herrscht an der reflektierenden Wand Ruhe (Knoten). Am offenen Ende, wo die Anregung erfolgt, liegt der Schwingungsbauch. Bei welchen Rohrlängen kann also stets Resonanz erfolgen?

Geräte und Hilfsmittel

1 Tischklemme
2 Stativstab 1000 mm
3 zwei Kreuzmuffen
4 Glasrohrhalter
5 Glasrohr (20 bis 30 mm Durchmesser; etwa 750 mm lang)
6 Stimmgabel
7 Anschlaghammer
8 Meßstab 1000 mm
9 Rohrverschluß (Stab mit Korken oder Ausgleichsgefäß mit Wasser)
10 Thermometer (1/1 Grad Teilung)

Versuchsaufbau



Versuchsunterweisung

1. Aufbau der Versuchsanordnung nach Skizze!
   Hinweis!
   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 und vergrößern Sie langsam die Luftsäule im Rohr durch Senken des Rohrverschlusses. Markieren Sie mit Fettstift die Stellen, an denen ein deutliches Anschwellen des Stimmgabeltones zu hören ist. Der Abstand von der oberen Rohröffnung ist dann l_1, l_2, l_3 usw. (Protokoll)
3. Wiederholen Sie den Versuch zehnmal! (Protokoll)

Antworten zu den Vorbetrachtungen

Meßprotokoll Zimmertemperatur: $t =$
Abstand: l_I; l_{II} Frequenz: $f =$

Lfd. Nr.	l_i in mm	$\lvert l_i - \bar{l}_I \rvert$ in mm
1 2 . 10		
Σ		
$\bar{l}_I =$		$\Delta\bar{l}_I =$

Auswertung

1. Berechnung der Wellenlänge der Schallwelle

Hinweis!

Der Abstand von 2 benachbarten Resonanzstellen entspricht $\lambda/2$. Durch diese Differenzbildung werden störende Einflüsse der Luft am oberen Rohrende vermieden!

2. Berechnung der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalles

3. Fehlerbetrachtung

3.1. Absoluter und relativer Fehler der Wellenlänge

Da $\frac{\lambda}{2} = l_{II} - l_I$, wird $\Delta\frac{\bar{\lambda}}{2} = \Delta\bar{l}_I + \Delta\bar{l}_{II}$

und $\Delta\bar{\lambda} = 2\,(\Delta\bar{l}_I + \Delta\bar{l}_{II})$.

Der relative Fehler der Wellenlänge errechnet sich

$$\delta = \frac{\Delta\bar{\lambda}}{\bar{\lambda}}$$

3.2. Absoluter und relativer Fehler der Ausbreitungsgeschwindigkeit
Schätzen Sie zunächst den absoluten Fehler der Frequenz der Stimmgabel!
Der relative Fehler der Ausbreitungsgeschwindigkeit ist dann

$$\frac{\Delta\bar{c}}{\bar{c}} = \frac{\Delta\bar{f}}{\bar{f}} + \frac{\Delta\bar{\lambda}}{\bar{\lambda}}$$

Ergebnis

Wellenlänge des monochromatischen Lichtes | P 2

Aufgabe

Bestimmen Sie die mittlere Wellenlänge des Filterlichtes! (Rotes, gelbes, grünes und blaues Licht)

Vorbetrachtungen

1. Wie errechnet man die Wellenlänge des Lichtes, wenn dieses durch ein optisches Gitter gebeugt wird?
2. Wenn Sie den Doppelkeilspalt, der mit monochromatischem Licht beleuchtet wird, durch ein Gitter in genügender Entfernung beobachten, können Sie in der Ebene der Doppelkeilspaltblende die typischen Interferenzerscheinungen beobachten (H_0, links und rechts davon H_1). Verschieben Sie nun das Gitter längs der optischen Achse so, daß die beiden inneren Maxima 1. Ordnung genau übereinanderstehen. Jetzt ist der Abstand der beiden Keilspitzen der Blende gleich 2 s, und der Abstand Blende–Gitter ist die gesuchte Entfernung e (Bild 2).

Geräte und Hilfsmittel

1 Experimentierleuchte
2 Handapparat
3 Filter (Rot, Gelb, Blau)
4 Doppelkeilspalt
5 Drei T-Füße
6 Gitter, $k = 0{,}05$ mm
7 Blendrahmen mit Schiebeschacht
8 Meßstab
9 Stromversorgungsgerät

Versuchsaufbau

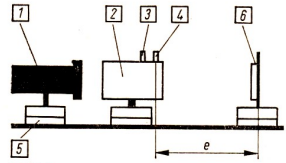


Bild 1

Versuchsunterweisung

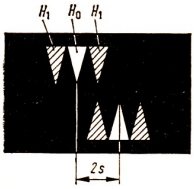
1. Bauen Sie die Versuchsanordnung nach Bild 1 auf!
   Benutzen Sie zunächst ein Rotfilter!
2. Erkundigen Sie sich bei Ihrem Lehrer nach der Gitterkonstanten k! (Protokoll)
3. Verschieben Sie das Gitter längs der optischen Achse, bis Sie die beiden inneren Maxima 1. Ordnung genau übereinander sehen! (Bild 2)

Messen Sie mehrere Male die zugehörige Entfernung e, indem Sie stets vorher das Gitter verschieben! (Protokoll)

4. Messen Sie nach der eben beschriebenen Methode die jeweiligen Entfernungen e für gelbes, grünes und blaues Licht! (Protokoll)
5. Messen Sie den Abstand der beiden Keilspitzen der Doppelkeilblende! (Protokoll)

Antwort zu den Vorbetrachtungen

Bild 2



Meßprotokoll

Gitterkonstante: $k =$
Abstand der Keilspitzen: $2\,s_1 =$

Farbe:

Lfd. Nr.	e_1 in cm	$\lvert e_i - \bar{e}\rvert$ in cm
1		
2		
3		
4		
5		
Σ		
$\bar{e} =$		$\Delta\bar{e} =$

Auswertung

1. Berechnen Sie die Wellenlängen der Filterfarben!
2. Fehlerbetrachtung:

2.1. Schätzen Sie die absoluten Fehler

$\Delta s_1 = \pm \ldots$

$\Delta k = \pm \ldots$

2.2. Der relative Größtfehler der Wellenlänge errechnet sich nach folgender Beziehung:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta s_1}{s_1} + \frac{\Delta k}{k} + \frac{\Delta e_1}{e_1}.$$

2.3. Geben Sie für die einzelnen Farben den relativen Fehler in Prozenten an!

2.4. Berechnen Sie für jedes Filter die Frequenz des Filterlichtes!

Ergebnis

Aufnahme einer Polarimeter-Eichkurve | P 3

Aufgabe

Messen Sie den Drehwinkel α als Funktion der Konzentration verschiedener Zuckerlösungen!
Bestimmen Sie damit die Konzentration einer Zuckerlösung!

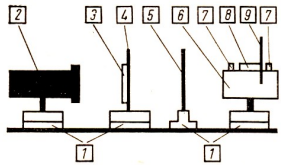
Vorbetrachtungen

1. Welches Verhalten von Stoffen nennt man „optisch aktiv"?
2. Welche Größen beeinflussen den Betrag des Drehwinkels?
3. Warum wird für diesen Versuch monochromatisches Licht (blaues Licht!) verwendet?

Geräte und Hilfsmittel

1 Vier T-Füße
2 Experimentierleuchte
3 Farbfilter (Rot; Blau)
4 Blendrahmen mit horizontalem Schiebeschacht
5 Bildschirm, transparent, mattiert
6 Handapparat
7 zwei Polarisationsfilter (1 Filter mit Zeiger)
8 Glasküvette
9 Blende mit Winkeleinteilung oder Winkelmesser
10 Laborwaage
11 Wägesatz
12 Sechs Bechergläser 250 ml
13 Meßzylinder 100 ml
14 Zucker
15 Zuckerlösung unbekannter Konzentration

Versuchsaufbau



Versuchsunterweisung

1. Stellen Sie sich 6 Zuckerlösungen verschiedener Konzentration her!

$$\left(\frac{5\ \text{g}}{100\ \text{ml}};\ \frac{10\ \text{g}}{100\ \text{ml}};\ \frac{15\ \text{g}}{100\ \text{ml}};\ \frac{20\ \text{g}}{100\ \text{ml}};\ \frac{25\ \text{g}}{100\ \text{ml}};\ \frac{30\ \text{g}}{100\ \text{ml}}\right)$$

Hinweis!

Die jeweilige Zuckermenge in den Meßzylinder geben und Wasser bis 100 ml zugießen!

Gläser mit den Zuckerlösungen beschriften, damit keine Verwechslungen eintreten!

2. Aufbau der Versuchsanordnung. Die beiden Polarisationsfilter so zueinander verdrehen, daß Auslöschung des Lichtes erfolgt, wenn noch keine Zuckerlösung in der Küvette ist.
3. Wenn Sie Zuckerlösung in die Küvette geben, hellt sich das Gesichtsfeld auf. Messen Sie den Winkel α, um den Sie Polarisationsfilter 2 nachstellen müssen, um erneut Auslöschung zu erhalten! (Protokoll)
   Achten Sie auf die Drehrichtung! (Protokoll)

Hinweis!

Benutzen Sie blaues Licht! Die Frequenz entnehmen Sie dem Praktikumsversuch P 2!

4. Messen Sie den Drehwinkel α bei einer unbekannten Zuckerlösung! (Protokoll)

Hinweis!

Den Drehwinkel mehrere Male bestimmen!

Zusätzliche Aufgaben

5. Untersuchen Sie, welche weiteren Faktoren den Drehwinkel α beeinflussen!

5.1. Führen Sie die gleichen Messungen noch einmal durch und benutzen Sie dabei rotes Licht! (Protokoll)

5.2. Messen Sie die Abhängigkeit des Drehwinkels von der Länge des Lichtweges im optisch aktiven Stoff! (Protokoll)

Hinweis!

Nehmen Sie blaues Licht und eine Konzentration von $\frac{20\ \text{g}}{100\ \text{ml}}$. Stellen Sie 2, 3, 4 Küvetten hintereinander!

Antworten zu den Vorbetrachtungen

Lfd. Nr.	k in $\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$	α in Grad
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Meßprotokoll

Zu 3. Drehwinkel α als Funktion der Konzentration
Länge des Lichtweges im optisch aktiven Stoff: .....
Frequenz des blauen Lichtes: ....

Zu 4. Bestimmung des Drehwinkels der unbekannten Zuckerlösung
Länge des Lichtweges im optisch aktiven Stoff: .....
Frequenz des blauen Lichtes: .....

Lfd. Nr.	α_i in Grad	$\lvert\alpha_i - \bar{\alpha}\rvert$ in Grad
1		
2		
3		
4		
5		
Σ		
	$\bar{\alpha} =$	$\Delta\bar{\alpha} =$

Zu 5.1. Drehwinkel α bei Benutzung von rotem Licht
Frequenz des roten Lichtes: .....
Länge des Lichtweges im optisch aktiven Stoff: .....

Lfd. Nr.	k in $g \cdot ml^{-1}$	α in Grad
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Zu 5.2. Drehwinkel α als Funktion der Länge des Lichtweges im optisch aktiven Stoff
Frequenz des blauen Lichtes: .....
Konzentration der verwendeten Lösung: .....

Lfd. Nr.	l in cm	α in Grad
1		
2		
3		
4		
5		

Auswertung

Zu 3. Stellen Sie den Drehwinkel α als Funktion der Konzentration k grafisch dar! (Tabelle 1)

Zu 4. Entnehmen Sie der gewonnenen „Eichkurve" die Konzentration der unbekannten Zuckerlösung! (Mittelwert und absoluter Fehler)

Zu 5.1. Stellen Sie den Drehwinkel α als Funktion der Konzentration k grafisch dar! Vergleichen Sie mit dem Ergebnis zu 3!

Zu 5.2. Stellen Sie den Drehwinkel α als Funktion der Länge des Lichtweges im optisch aktiven Stoff grafisch dar! Welches Ergebnis finden Sie?

Ergebniszusammenstellung

1. Formulieren Sie die Ergebnisse der durchgeführten Messungen in Worten!
2. Geben Sie, so weit wie möglich, die gefundenen Zusammenhänge auch in mathematischer Formulierung an!

Abschätzen eines Moleküldurchmessers — P 4

Aufgabe

Bestimmen Sie die Größenordnung für den Durchmesser eines Ölsäuremoleküls!

Vorbetrachtungen

1. Aus der Wellenoptik ist bekannt, daß Öl sehr dünne Schichten bilden kann (farbige Erscheinungen!). In diesem Versuch wird eine monomolekulare Schicht erzeugt. Was verstehen Sie unter einer monomolekularen Schicht?
2. Läuft ein Öltropfen auf Wasser breit, so ergibt das einen annähernd kreisrunden Fleck (Zylinder). Wie kann man die Höhe dieser Schicht berechnen, wenn das Volumen des Tropfens bekannt ist?
3. Damit der Durchmesser des Ölfleckes nicht zu groß wird, verdünnen Sie die Ölsäure mit Leichtbenzin, das beim Auftropfen auf die Wasseroberfläche sofort verdampft und den Versuch nicht beeinträchtigt.

Geräte und Hilfsmittel

1 Ölsäure ($C_{17}H_{33} \cdot COOH$)
2 Leichtbenzin
3 zwei Tropfbüretten, je 10 ml
4 Kleiner Trichter
5 Entwicklerschale (250 mm × 300 mm)
6 Lykopodium
7 Meßstab
8 Becherglas, 100 ml

Versuchsunterweisung

1. Stellen Sie eine Lösung von Ölsäure in Leichtbenzin her! (0,5 ml Ölsäure in 1000 ml Leichtbenzin).
   Hinweis!
   Überzeugen Sie sich von der Sauberkeit der Tropfbürette!
   Schütteln Sie die Lösung gut durch!
   Die restliche Lösung kann in einer dunklen Flasche lange aufbewahrt werden!
2. Füllen Sie die saubere Tropfbürette Nr. 2 mit der Lösung!
3. Lassen Sie einige ml der Lösung aus der Bürette austropfen und zählen Sie dabei, wieviel Tropfen auf 1 ml kommen! (Protokoll)
   Hinweis!
   Wählen Sie eine solche Tropfenfolge, daß Sie bequem zählen und ebenfalls das Sinken des Pegels genau beobachten können!

4. Verändern Sie die Stellung des Hahnes nicht mehr!
5. Die völlig fettfreie Entwicklerschale wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt und die Oberfläche mit Lykopodium bestreut.
6. Füllen Sie die Bürette Nr. 2 wieder auf und geben Sie vorsichtig einen Tropfen auf die Mitte der bestreuten Wasseroberfläche!
7. Messen Sie in verschiedenen Richtungen den Durchmesser des kreisähnlichen Ölfleckes! (Protokoll)
8. Wiederholen Sie den Versuch mehrere Male!
   Hinweis!
   Die Entwicklerschale vor jedem Versuch mit Seifenlösung sorgfältig säubern!
9. Ändern Sie den Versuch so ab, daß Sie 2 oder 3 oder 4 Tropfen auf die Wasseroberfläche geben! Bestimmen Sie jedesmal den Durchmesser des Ölfleckes! (Protokoll)

Antworten zu den Vorbetrachtungen

Meßprotokoll

Verhältnis Ölsäure zu Leichtbenzin 1: .....
Auf 1 ml Lösung entfallen ..... Tropfen.
Durchmesser des Ölfleckes bei 1 Tropfen:

d_1 in cm						$\overline{d_1} =$

Durchmesser des Ölfleckes bei 2, 3 bzw. 4 Tropfen:

d in cm						$\overline{d} =$

Auswertung

1. Berechnen Sie das Volumen der Ölsäure, die sich in einem Tropfen befindet!
2. Berechnen Sie die jeweiligen Schichtdicken!
3. Vergleichen Sie die Schichtdicken bei unterschiedlicher Tropfenzahl!
   Hinweis!
   Da sich mit hinreichender Genauigkeit stets die gleiche Schichtdicke einstellt, kann man — gestützt durch andere Versuche — auf eine monomolekulare Schicht schließen und damit die Größenordnung der Moleküldurchmesser bestimmen!

Ergebnis

Spezifische Wärme von Flüssigkeiten — P 5

Aufgabe

Bestimmen Sie die spezifische Wärme von Brennspiritus oder Glyzerin!

Vorbetrachtungen

1. Lassen Sie sich vom Lehrer den Wasserwert des Kalorimetergefäßes geben! (Protokoll)
2. Orientieren Sie sich über den Siedepunkt von Brennspiritus (Glyzerin). Der Wärmezufuhr sind deshalb bestimmte Grenzen gesetzt.
3. Der Versuch wird so ausgeführt, daß nacheinander gleiche Massen Wasser bzw. Probeflüssigkeit jeweils die gleiche Zeit lang erwärmt werden. Aus dem Vergleich der Temperaturerhöhungen ergibt sich die spezifische Wärme der Probeflüssigkeit.

Geräte und Hilfsmittel

1 Waage (Genauigkeit $\frac{1}{10}$ Gramm)
2 Wägesatz
3 Meßzylinder 100 ml
4 Kalorimetergefäß (Teile wie in Experiment E 5 „Wasserwert")
5 Rührer
6 Thermometer
7 Heizwendel mit Halter (12 V; 1 A)
8 Probeflüssigkeit
9 Vorratsgefäß mit Wasser von Zimmertemperatur

Versuchsunterweisung

1. Bestimmen Sie durch Wägung die Masse m_1 von so viel Probeflüssigkeit, daß damit das Kalorimetergefäß zu etwa 80 % gefüllt wird. Es genügt eine Genauigkeit auf 0,1 Gramm. (Protokoll)
2. Bestimmen Sie die Anfangstemperatur ϑ_1 der abgewogenen Probeflüssigkeit im Kalorimetergefäß! (Protokoll)
3. Erwärmen Sie die Flüssigkeit mit der Heizwendel unter ständigem Rühren eine bestimmte Zeit t auf die Temperatur ϑ_1'! (Protokoll)
   Hinweis!
   Je höher die Endtemperatur (etwa bei 40 °C) liegt, desto geringer werden die durch die Temperaturmessung bedingten Fehler!
4. Entleeren und säubern Sie das Kalorimetergefäß und füllen Sie es mit Wasser von Zimmertemperatur ϑ_2!
   Die Masse m_2 des Wassers soll mit der Masse m_1 der Probeflüssigkeit übereinstimmen. (Protokoll)

5. Erwärmen Sie das Wasser die gleiche Zeit t und messen Sie die Endtemperatur ϑ_2'! (Protokoll)

Meßprotokoll

Wasserwert des Kalorimetergefäßes	$C =$
Masse der Probeflüssigkeit	$m_1 =$
Anfangstemperatur der Probeflüssigkeit	$\vartheta_1 =$
Endtemperatur der Probeflüssigkeit	$\vartheta_1' =$
Zeit der Erwärmung	$t =$
Masse des Wassers	$m_2 =$
Anfangstemperatur des Wassers	$\vartheta_2 =$
Endtemperatur des Wassers	$\vartheta_2' =$

Auswertung

1. Berechnen Sie die dem Wasser zugeführte Wärmemenge! (Wasserwert berücksichtigen!)
2. Berechnung der spezifischen Wärmemenge der Probeflüssigkeit. Ihr wurde die gleiche Wärmemenge zugeführt wie dem Wasser!
3. Fehlerbetrachtung

3.1. Schätzen Sie die absoluten Fehler der einzelnen Größen!

$\Delta C = \pm$
$\Delta m_1 = \pm$
$\Delta m_2 = \pm$
$\Delta \vartheta_1 = \Delta \vartheta_1' = \Delta \vartheta_2 = \Delta \vartheta_2' = \pm$
$\Delta t = \pm$

3.2. Berechnen Sie näherungsweise den relativen Fehler der zugeführten Wärmemenge! Näherungsweise kann man sagen:

$$\frac{\Delta Q}{Q} \approx \frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta(\vartheta_2' - \vartheta_2)}{\vartheta_2' - \vartheta_2}.$$

3.3. Berechnen Sie näherungsweise den relativen und absoluten Fehler der spezifischen Wärme der Probeflüssigkeit! Vernachlässigt man auch hierbei den geringen Einfluß des Fehlers, der bei der Bestimmung der Masse eintritt, gilt in guter Näherung:

$$\frac{\Delta C_1}{C_1} \approx \frac{\Delta Q}{Q} + \frac{\Delta(\vartheta_1' - \vartheta_1)}{\vartheta_1' - \vartheta_1}.$$

3.4. Welche unkontrollierten Fehler können das Meßergebnis noch beeinflussen?

Ergebnis

Linearer Ausdehnungskoeffizient | P 6

Aufgabe

Bestimmen Sie die linearen Ausdehnungskoeffizienten eines Metall- bzw. Glasstabes aus den Verlängerungen, die beide Materialien durch Temperaturerhöhung erhalten!

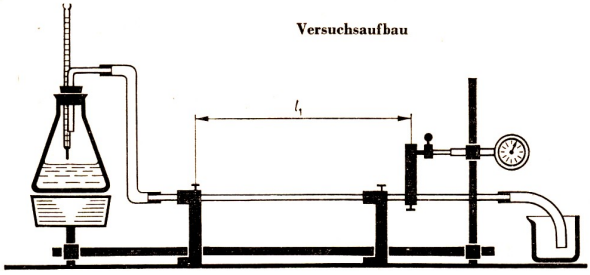
Vorbetrachtungen

1. Welche Faktoren bestimmen den Längenzuwachs bei Temperaturerhöhung?
2. Wie ist der lineare Ausdehnungskoeffizient definiert?
3. Zeigen Sie mit einer Rechnung, daß man durch Division aus den beiden Beziehungen $l_2 = l_0 (1 + \alpha \cdot t_2)$ und $l_1 = l_0 (1 + \alpha\, t_1)$ die Beziehung $l_2 = l_1 (1 + \alpha \cdot \Delta t)$ erhält, wenn man die höheren Potenzen von α vernachlässigt! Begründen Sie, daß die Vernachlässigung dieser Summanden zulässig ist!
4. Aus der von Ihnen entwickelten Beziehung ergibt sich der Längenzuwachs $z = l_1 \cdot \alpha \cdot \Delta t$. Damit soll der Längenausdehnungskoeffizient bestimmt werden.

Geräte und Hilfsmittel

1 Zwei V-Füße
2 Zwei Stativstäbe je 500 mm
3 Stativstab 250 mm
4 Vier Kreuzmuffen
5 Heizplatte
6 Metall- bzw. Glasrohr
7 Erlenmeyerkolben, 100 ml
8 Stopfen, zweifach durchbohrt
9 Winkelrohr aus Glas
10 Zwei Schlauchstücke
11 Thermometer, 1/1 Grad Teilung
12 Meßstab
13 Feinmeßzeiger
14 Becherglas, 100 ml

Versuchsaufbau



Versuchsunterweisung

1. Bauen Sie die Versuchsanordnung auf!

   Hinweis! Fassen Sie die Rohre nur an den Enden an (Zimmertemperatur)!
2. Messen Sie die wirksame Länge l_1 des Versuchsrohres! (Protokoll)
3. Nehmen Sie als Anfangstemperatur t_1 die durch das auf dem Tisch liegende Thermometer angezeigte Temperatur an! (Protokoll)
4. Erwärmen Sie das Versuchsrohr durch den Dampf des siedenden Wassers, indem Sie den Stopfen auf den Erlenmeyerkolben aufsetzen!

   Hinweis! Benutzen Sie vorgewärmtes Wasser und eine vorgewärmte Heizplatte!
5. Wenn kein Kondenswasser mehr aus dem Rohr austritt, messen Sie die Dampftemperatur t_2 und die Verlängerung z! (Protokoll)
6. Bestimmen Sie den linearen Ausdehnungskoeffizienten des anderen Materials nach der gleichen Anweisung!

Antworten zu den Vorbetrachtungen

Meßprotokoll

Größe	1. Rohr Material:	2. Rohr Material:
Anfangslänge l_1 Anfangstemperatur t_1 Endtemperatur t_2 Längenzuwachs z		

Auswertung

1. Berechnen Sie den Ausdehnungskoeffizienten!
2. Berechnung des relativen Größtfehlers der Ausdehnungskoeffizienten

2.1. Schätzen Sie die absoluten Fehler der einzelnen Größen!

$$\Delta z = \pm$$
$$\Delta l_1 = \pm$$
$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t = \pm$$

2.2. Sie erhalten für den relativen Größtfehler

$$\frac{\Delta \alpha}{\alpha} = \frac{\Delta z}{z} + \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{2\,\Delta t}{t_2 - t_1}$$

2.3. Geben Sie diesen in Prozenten an!

Ergebnis

Bestimmen des Spannungskoeffizienten für Gase | P 7

Aufgabe

Bestimmen Sie den Spannungskoeffizienten der Luft!

Vorbetrachtungen

1. Wie ist der Spannungskoeffizient der Gase definiert?
2. Warum unterscheidet man bei Gasen zwischen Volumenausdehnungskoeffizienten und Spannungskoeffizienten?
3. Aus den beiden Beziehungen $p_1 = p_0 (1 + \gamma \cdot t_1)$ und $p_2 = p_0 (1 + \gamma \cdot t_2)$ eliminieren Sie den Druck p_0 (Luftdruck bei 0 °C im Glasbehälter). Sie erhalten dadurch für den Spannungskoeffizienten $\gamma = \dfrac{p_2 - p_1}{p_1 \cdot t_2 - p_2 \cdot t_1}$. Leiten Sie diese Beziehung her!

Geräte und Hilfsmittel

1 Rundkolben, 250 ml
2 Stopfen, einfach durchbohrt
3 Dreiweghahn
4 Thermometer, $\frac{1}{10}$ Grad Teilung
5 Becherglas, 500 ml
6 Kochring
7 Gewinkeltes Glasrohr, 250 mm lang
8 Gerades Glasrohr, 600 mm lang
9 V-Fuß
10 Stativstab, 500 mm
11 Linealhalter
12 Lineal
13 Zwei Schiebezeiger
14 Zwei Verbindungsschläuche, 100 und 600 mm Länge
15 Vier Kreuzmuffen
16 Vier Glasrohrhalter
17 Barometer
18 Vorratsgefäß mit warmem Wasser
19 Vorratsgefäß mit kaltem Wasser

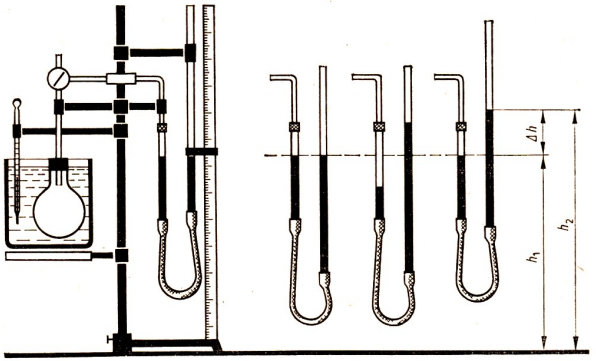
Versuchsaufbau (s. S. 20)

Versuchsunterweisung

1. Bauen Sie die Versuchsanordnung auf und füllen Sie in das Becherglas kaltes Wasser!
2. Füllen Sie bei offenem Dreiweghahn Wasser als Manometerflüssigkeit ein!
3. Schließen Sie durch entsprechende Stellung des Dreiweghahnes den Gasbehälter an das Manometer an!
4. Markieren Sie mit einem Zeiger den Manometerstand des linken Manometerrohres!

5. Messen Sie die Anfangstemperatur t_1 und lesen Sie am Barometer den Anfangsdruck p_1 ab! (Protokoll)
6. Füllen Sie in das Becherglas warmes Wasser (Temperatur nur 5 Grad über der Anfangstemperatur)! Heben Sie den rechten Schenkel des Manometers so weit an, daß die Manometerflüssigkeit links mit der festgelegten Marke übereinstimmt! Markieren Sie mit dem 2. Zeiger den Niveauunterschied! (Protokoll)
7. Messen Sie die Temperatur t_2 des warmen Wassers im Becherglas! (Protokoll)
8. Wiederholen Sie den Versuch mehrere Male! Füllen Sie dazu zuerst wieder kaltes Wasser ein und warten Sie, bis anzunehmen ist, daß die Luft im Kolben die gleiche Temperatur angenommen hat!

Versuchsaufbau



Antworten zu den Vorbetrachtungen

Meßprotokoll

Lfd. Nr.	t_1 in °C	p_1 in Torr	Δh in cm	Δp in Torr	t_2 in °C	γ in grd
1						
2						
3						
4						
5						

$\bar{\gamma} =$

Auswertung

1. Berechnen Sie aus jedem Versuch den Spannungskoeffizienten und bilden Sie daraus den Mittelwert!
2. Fehlerbetrachtung

2.1. Schätzen Sie die absoluten Fehler der einzelnen Größen!

$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t = \pm$

$\Delta p_1 = \pm$

$\Delta h = \pm$

2.2. Für die Fehlerbetrachtung wäre es günstig, wenn 0 °C als Anfangstemperatur gewählt worden wäre. Wir erlauben uns folgende Näherung: Aus

$$\gamma = \frac{p_2 - p_1}{p_1 \cdot t_2 - p_2 \cdot t_1}$$

wird

$$\gamma = \frac{\Delta p}{p_1 \cdot \Delta t - \Delta p \cdot t_1},$$

wenn man $p_2 = p_1 + \Delta p$ setzt. Näherungsweise gilt dann

$$\gamma \approx \frac{\Delta p}{p_1 \cdot \Delta t}.$$

Für den relativen Größtfehler kann dann folgende Näherung angesetzt werden:

$$\frac{\Delta\gamma}{\gamma} = \frac{\Delta(\Delta p)}{\Delta p} + \frac{\Delta p_1}{p_1} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t}$$

oder

$$\frac{\Delta\gamma}{\gamma} = \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h} + \frac{\Delta p_1}{p_1} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t}.$$

2.3. Geben Sie den relativen Fehler in Prozenten an!

Ergebnis

Bestimmen des Wirkungsgrades bei Energieumwandlung

P 8

Aufgabe

Ermitteln Sie, welchen Wirkungsgrad eine Whitingsche Röhre beim Umwandeln von mechanischer Energie in Wärmeenergie hat!

Vorbetrachtungen

1. Wie ist der Wirkungsgrad definiert?
2. Wie errechnet man die mechanische Energie und wie die Wärmeenergie?
3. Entnehmen Sie einer Tafel die Umrechnung der gebräuchlichen Einheit 1 cal in die Grundeinheit 1 Nm!

Geräte und Hilfsmittel

1 Whitingsche Röhre
(1 m lange und 6 cm weite Röhre aus Pappe oder Preßspan)
2 Zwei Stopfen aus Holz oder Kork, davon einer mit einer verschließbaren Bohrung
3 Feines Bleischrot (Tarierblei), etwa 500 g
4 Meßstab
5 Thermometer mit $\frac{1}{10}$ Grad Teilung

Versuchsaufbau



Versuchsunterweisung

1. Entnehmen Sie einem Tafelwerk die spezifische Wärme des Tarierbleies! (Protokoll)
2. Füllen Sie vorsichtig das Bleischrot in die Pappröhre und messen Sie die Anfangstemperatur t_1! (Protokoll)

Hinweis!

Das Rohr waagerecht halten und das Thermometer durch die Bohrung im Stopfen einführen. Das Rohr vorsichtig senkrecht stellen, so daß sich das Thermometer-

gefäß im Bleischrot befindet. Nach der Temperaturbestimmung Bohrung mit kleinem Gummistopfen verschließen!

3. Messen Sie die Länge h des Fallweges! (Protokoll)
4. Kippen Sie das Rohr schnell und vorsichtig 100 mal um 180°, so daß das Bleischrot jedesmal die Strecke h fällt.
5. Messen Sie die Endtemperatur t_2!

Hinweis!

Die Messung verläuft wie bei der Bestimmung der Anfangstemperatur!
Es vergehen etwa 2 bis 3 Minuten, ehe das Temperaturgleichgewicht eintritt!

Antworten zu den Vorbetrachtungen

1.
2.
3.

Meßprotokoll

Spezifische Wärme des Bleischrotes	$c =$
Anfangstemperatur	$t_1 =$
Länge des Fallweges	$h =$
Gesamtfallweg	$n \cdot h =$
Endtemperatur	$t_2 =$

Auswertung

1. Berechnen Sie den Wirkungsgrad!
2. Fehlerbetrachtung

2.1. Schätzen Sie die absoluten Fehler der einzelnen Größen!

$$\Delta c = \pm$$
$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t = \pm$$
$$\Delta h = \pm$$

2.2. Für den relativen Größtfehler erhalten Sie

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{2\,\Delta t}{t_2 - t_1}.$$

2.3. Geben Sie den relativen Fehler in Prozenten an!

Ergebnis

Ermitteln der Wurfbahn	P 9

Aufgabe

Nehmen Sie punktweise die Bahn eines horizontal abgeworfenen Körpers auf und vergleichen Sie diese mit der errechneten Bahn!

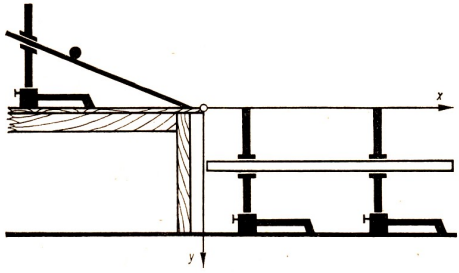
Vorbetrachtungen

1. Welche Bewegungen führt die Kugel nach dem Verlassen der Tischplatte gleichzeitig aus?
2. Wie beeinflussen sich beide Bewegungen gegenseitig?
3. Schreiben Sie die Weg-Zeit-Gesetze der Bewegungskomponenten in x-Richtung $x = f(t)$ und in y-Richtung $y = f(t)$ auf! Diese bilden eine Parameterdarstellung der Wurfkurve. Eliminieren Sie aus dem Gleichungssystem den Parameter t, Sie erhalten dann die Kurvengleichung $y = f(x)$ der Wurfbahn!
4. Wie errechnet man die Geschwindigkeit v_0, mit der die Kugel die geneigte Ebene verläßt?

Geräte und Hilfsmittel

1 Gardinenschiene (500 mm lang)
2 Stahlkugel
3 Drei V-Füße
4 Zwei Stativstäbe 500 mm
5 Drei Stativstäbe 250 mm
6 Drei Kreuzmuffen
7 Achszapfen, Länge 80 mm
8 glattes Brett 200 × 1000 mm
9 Lot
10 Wasserwaage
11 Meßstab
12 Kohlepapier
13 Zeichenpapier
14 Reißnägel

Versuchsaufbau



Versuchsunterweisung

1. Stellen Sie die Geräte nach der Abbildung zusammen! Die Kugel soll etwa 5 cm auf der Tischplatte rollen, bevor der horizontale Wurf beginnt!
2. Lassen Sie die Kugel stets von der gleichen Stelle auf der geneigten Ebene abrollen und bestimmen Sie bei verschiedenen Falltiefen y den Mittelwert x der zugehörigen Wurfweiten aus jeweils 5 Messungen! (Protokoll)

   Hinweis!

   Legen Sie auf das waagerecht eingestellte Brett Zeichenpapier, darüber Kohlepapier und darauf nochmals Zeichenpapier! Befestigen Sie alles mit einigen Reißnägeln! Vergrößern Sie die Falltiefen um jeweils 5 cm bis etwa 80 cm!
3. Nehmen Sie 3 verschiedene Bahnen auf, indem Sie die Kugel von verschiedenen Höhen abrollen lassen! (Protokoll)
   (z. B. $h_1 = 10$ cm, $h_2 = 15$ cm, $h_3 = 20$ cm)

Antworten zu den Vorbetrachtungen

Meßprotokoll

$h_1 = 10$ cm, $h_2 = 15$cm, $h_3 = 20$cm

Lfd. Nr.	y in cm	x_1 in cm	x_2 in cm	x_3 in cm	x_4 in cm	x_5 in cm	$\bar{x}$ in cm
1	5						
2	10						
.	.						
.	.						
.	.						
16	80						

Auswertung

1. Stellen Sie die 3 Wurfbahnen in je einem x-y-Koordinatensystem grafisch dar!
2. Berechnen Sie die Geschwindigkeiten v_0, mit denen die Kugel jeweils am Ende der geneigten Ebene ankommt!
3. Stellen Sie damit die Gleichungen der Funktionen für den jeweiligen Bewegungsablauf auf und zeichnen Sie deren Bilder in die experimentell erhaltenen mit ein!
4. Vergleichen Sie beide grafischen Darstellungen und begründen Sie eventuelle Abweichungen!

Ergebnis

Messen von Geschoßgeschwindigkeiten | P 10/1

Aufgabe

Bestimmen Sie die Abwurfgeschwindigkeit v_0, mit der eine Kugel das Federwurfgerät verläßt, wenn Sie den Lauf senkrecht nach oben richten!

Vorbetrachtungen

1. Was für eine Bewegung führt das Geschoß aus?
2. Wenn das Geschoß nach dem Erreichen des Gipfelpunktes wieder das Niveau der Mündung erreicht, ist der Weg (Abstand zwischen Geschoß und Mündung) $s = 0$. Messen Sie die Wurfdauer, so können Sie mit Hilfe des Weg-Zeit-Gesetzes die Abwurfgeschwindigkeit errechnen. Wie lautet das Weg-Zeit-Gesetz und wie die Beziehung zur Errechnung von v_0?
3. Die Abwurfgeschwindigkeit läßt sich auch energetisch bestimmen, wenn Sie sich überlegen, welche Energieumwandlung vor sich geht.
   Von welchem Ansatz gehen Sie dabei aus?
   Wie lautet die Beziehung zur Bestimmung der Abwurfgeschwindigkeit?

Geräte und Hilfsmittel

1 Federwurfgerät
2 Geschoßkugeln
3 Stoppuhr
4 Bandmaß
5 V-Fuß und langer Stativstab mit Zeiger

Versuchsunterweisung

1. Stellen Sie das Federwurfgerät so auf, daß beim Experimentieren keine Unfälle auftreten können!
2. Messen Sie mehrere Male die Zeit, die vergeht, bis die abgeschossene Kugel wieder das Abschußniveau erreicht! (Protokoll)
3. Wiederholen Sie die Versuchsreihe und messen Sie die Gipfelhöhe! (Protokoll)
4. Verändern Sie die Spannung der Feder des Wurfgerätes und ermitteln Sie nach 2 und 3 die Abwurfgeschwindigkeit! (Protokoll)

Antworten zu den Vorbetrachtungen

1.
2. $s =$
   $v_0 =$
3. $v_0 =$

Meßprotokoll

Zu 2, 3 und 4

Lfd. Nr.	t_i in s	$\lvert t_i - \bar{t}\rvert$ in s	h_i in m	$\lvert h_i - \bar{h}\rvert$ in m
1				
2				
3				
4				
5				
Σ				
	$\bar{t} =$	$\Delta\bar{t} =$	$\bar{h} =$	$\Delta\bar{h} =$

Auswertung

1. Berechnen Sie die verschiedenen Abwurfgeschwindigkeiten mit Hilfe der Wurfzeiten!
2. Berechnen Sie die Abwurfgeschwindigkeiten aus den Gipfelhöhen!
3. Vergleichen Sie die sich entsprechenden Geschwindigkeiten!
4. Fehlerbetrachtung

4.1. Der relative Größtfehler wird durch die Zeitmessung bestimmt. Es gilt:

$$\frac{\Delta v_0}{v_0} = \frac{\Delta t}{t}.$$

4.2. Der relative Größtfehler wird durch die Höhenmessung bestimmt. Es gilt:

$$\frac{\Delta v_0}{v_0} = \frac{\Delta h}{2\,h}.$$

4.3. Geben Sie beide relativen Fehler in Prozenten an!

Ergebnis

Messen von Geschoßgeschwindigkeiten — P 10/2

Aufgabe

Bestimmen Sie die Anfangsgeschwindigkeit v_0 eines Luftgewehrgeschosses mit einem Stoßpendel!

Vorbetrachtungen

Das Geschoß des Luftgewehres mit der Masse m_0 trifft auf einen bifilar aufgehängten Pendelkörper (Klotz aus weichem Holz an langem Faden) und überträgt seinen Impuls. Wenn die Kugel stecken bleibt, gilt

$m_0 \cdot v_0 = (m_0 + m_1) \cdot v_1$

und damit

$$v_0 = \frac{m_0 + m_1}{m_0} \cdot v_1 \qquad \text{(I)}$$

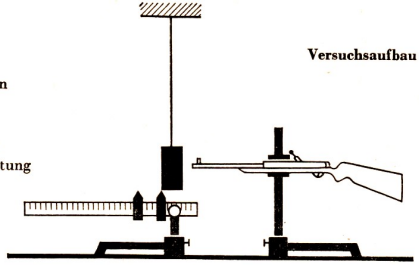
v_1 ist die Geschwindigkeit, mit der die Pendelbewegung aus der Ruhelage beginnt. Man findet sie durch folgende Überlegung. Bei genügend langem Pendel (1 m bis 1,50 m) und kleiner Amplitude der Schwingung kann man die Pendelschwingung näherungsweise als horizontale harmonische Schwingung betrachten. Ihr Weg-Zeit-Gesetz lautet $x = x_0 \cdot \sin \omega \cdot t$, $(\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T})$. Die Augenblicksgeschwindigkeit ergibt sich, wenn man das Weg-Zeit-Gesetz nach der Zeit differenziert, zu $v = x_0 \cdot \omega \cdot \cos \omega \cdot t$. Will man die Geschwindigkeit zur Zeit $t_1 = 0$ bestimmen, erhält man $v_1 = x_0 \cdot \omega$ (II). Aus (I) und (II) findet man

$$v_0 = \frac{m_0 + m_1}{m_0} \cdot x_0 \cdot \frac{2\pi}{T}.$$

Geräte und Hilfsmittel

1 Luftgewehr mit Munition
2 Laborwaage
3 Wägesatz
4 Uhr mit Sekundenzeiger
5 Pendel mit Haltevorrichtung
6 V-Fuß
7 Lineal mit Haltestift und 2 Schiebezeigern
8 Meßstab

Versuchsaufbau



Versuchsunterweisung

1. Bestimmen Sie die Masse des Pendelkörpers m_1 und die Masse m_0 einer Luftgewehrkugel! (Protokoll)
2. Bauen Sie das Pendel zusammen (Befestigung am Türrahmen der geöffneten Tür) und bestimmen Sie die Schwingungsdauer T! (Protokoll)
   Legen Sie 20 Kugeln auf die Waagschale. Der 20. Teil davon gilt als mittlerer Wert von m_0!
3. Schießen Sie unter Kontrolle des Lehrers aus einer Entfernung von etwa 5 cm gegen das Zentrum des Pendelkörpers und messen Sie die erzielte Amplitude x_0!
   ACHTUNG! Es ist durch geeignete Absperrmaßnahmen zu gewährleisten, daß keine Person zufällig in den Schußbereich gelangen kann! Außerdem muß dafür gesorgt werden, daß keine zufällig abprallende Kugel aus dem Bereich des Versuchsaufbaues herausfliegen kann!
4. Wiederholen Sie den Versuch mehrere Male! (Protokoll)

Meßprotokoll

Masse des Pendelkörpers $m_1 =$
Masse einer Luftgewehrkugel $m_0 =$

Schwingungsdauer T:

Lfd. Nr.	T_i in s	$\lvert T_i - \bar{T} \rvert$ in s
1		
5		
Σ		
	$\bar{T} =$	$\Delta \bar{T} =$

Amplitude x_0:

Lfd. Nr.	x_{0i} in cm	$\lvert x_{0i} - \bar{x}_0 \rvert$ in cm
1		
5		
Σ		
	$\bar{x}_0 =$	$\Delta \bar{x}_0 =$

Auswertung

1. Berechnen Sie die Geschoßgeschwindigkeit!
2. Fehlerbetrachtung

2.1. Schätzen Sie die absoluten Fehler bei der Massenbestimmung!
$\Delta m_1 = \pm$ $\Delta m_0 = \pm$

2.2. Der relative Größtfehler der Abschußgeschwindigkeit wird damit:

$$\frac{\Delta v_0}{v_0} = \frac{\Delta m_0}{m_0} + \frac{\Delta (m_0 + m_1)}{m_0 + m_1} + \frac{\Delta x_0}{x_0} + \frac{\Delta T}{T}.$$

2.3. Geben Sie den relativen Größtfehler in Prozenten an!

Ergebnis

Bestimmen der Stoßkraft und Stoßdauer | P 11

Aufgabe

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

Vorbetrachtungen

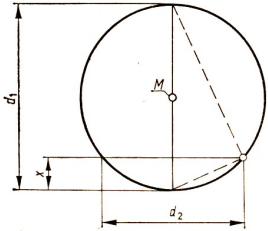
1. Welche Energieumwandlungen finden beim Aufprall der Kugel und bei der nachfolgenden Reflexion statt?
2. Um die Stoßkraft berechnen zu können, muß bekannt sein, wie stark die Kugel beim Aufprall deformiert wurde. Man erhält die gesuchte Deformation x sehr einfach, wenn man die Kugel auf eine berußte Stahlplatte auftreffen läßt. Aus dem Kreisabdruck läßt sich die Stärke der Abplattung x durch folgende Überlegung finden:

$$\left(\frac{d_2}{2}\right)^2 = x\,(d_1 - x)\,.$$

3. Setzt man die Stoßarbeit W_s gleich der potentiellen Energie W_{pot}, die die Kugel vor dem Fallen hat, so erhält man die Möglichkeit, die mittlere Stoßkraft F_s zu errechnen! Wie lautet diese Beziehung?
4. Die Stoßdauer erhält man, wenn Sie den Kraftstoß, den die Kugel verursacht, ihrer Bewegungsgröße gleichsetzen. Wie lautet die Beziehung?

Geräte und Hilfsmittel

1 Elfenbeinkugel
2 Stahlplatte
3 Meßstab
4 Laborwaage
5 Wägesatz
6 Meßschieber
7 Kerze



Versuchsunterweisung

1. Berußen Sie die Stahlplatte in der Umgebung des Auftreffpunktes!
2. Bestimmen Sie die Masse m der Kugel! (Protokoll)

3. Messen Sie den Durchmesser d_1 der Kugel mit dem Meßschieber! (Protokoll)
4. Lassen Sie die Elfenbeinkugel aus etwa 30 cm Höhe fallen und fangen Sie die reflektierte Kugel mit der Hand auf! Messen Sie mit dem Meßschieber den Durchmesser d_2 des kreisförmigen Abdruckes auf der Kugel bzw. auf der Stahlplatte! (Protokoll)
5. Wiederholen Sie den Versuch mehrere Male aus der gleichen Höhe h! (Protokoll)

Antworten zu den Vorbetrachtungen

Meßprotokoll

Masse der Kugel $m =$
Durchmesser der Kugel $d_1 =$
Fallhöhe $h =$

Durchmesser des schwarzen Kreises d_2

Lfd. Nr.	d_{2i} in mm	$\lvert d_{2i} - \bar{d}_2 \rvert$ in mm
1		
2		
3		
4		
5		
Σ		
$\bar{d}_2 =$		$\Delta\bar{d}_2 =$

Auswertung

1. Berechnen Sie den Betrag der Abplattung!
2. Berechnen Sie die mittlere Stoßkraft!
3. Berechnen Sie die Stoßdauer!
4. Fehlerbetrachtung

4.1. Schätzen Sie die absoluten Fehler der einzelnen Größen!

$\Delta m = \pm$
$\Delta d_1 = \pm$
$\Delta h = \pm$

4.2. Für den relativen Größtfehler der Stoßkraft erhalten Sie

$$\frac{\Delta F_s}{F_s} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta x}{x}.$$

Für $\frac{\Delta x}{x}$ setzen Sie näherungsweise $\frac{2\,\Delta d_2}{d_2} + \frac{\Delta d_1}{d_1}$!

4.3. Für den relativen Größtfehler der Stoßdauer ergibt sich

$$\frac{\Delta(\Delta t_s)}{\Delta t_s} = \frac{3\,\Delta h}{2\,h} + \frac{\Delta x}{x}.$$

4.4. Geben Sie den relativen Fehler in Prozenten an!

Ergebnis

021162-2