

Datum: _____

Dozent*in: _____

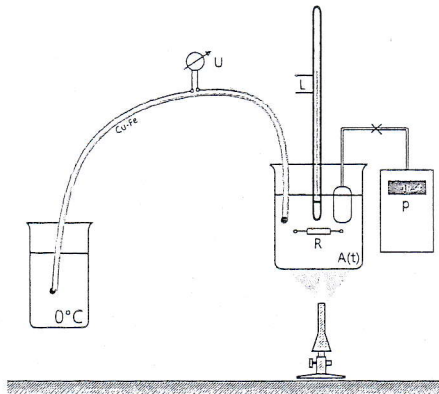
Name(n):
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Studiengang:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> B-PTM | <input type="checkbox"/> B-MB |
| <input type="checkbox"/> B-ME | <input type="checkbox"/> B-WIU |
| <input type="checkbox"/> B-TI | <input type="checkbox"/> B-GBP |
| | <input type="checkbox"/> _____ |

Thermometer

Versuchsaufbau:



Bei einer Temperaturmessung wird ein Messobjekt in Kontakt mit einem Thermometer gebracht. Erfahrungsgemäß nehmen Objekt und Thermometer die gleiche Temperatur an. Das Thermometer nutzt eine temperaturabhängige physikalische Eigenschaft aus, die angezeigt wird.

Forderungen an ein Thermometer sind:

- einfacher, eindeutiger Zusammenhang zwischen angezeigter Eigenschaft und Temperatur,
- geringe „Störung“ der Objekt-Temperatur, d.h. geringe Wärmekapazität des Thermometers,
- empfindlich und schnell,
- einfacher Gebrauch.

Im Versuch werden 4 Thermometer untersucht, die verschiedene physikalische Eigenschaften zur Messung der Temperatur nutzen. Dabei wird ein linearer Zusammenhang zwischen Eigenschaft und Temperatur angenommen.

Quecksilber-Thermometer

In einem gläsernen Vorratsgefäß, in das ein langes Glasröhrchen mündet, ist Quecksilber.

Bei einer Temperaturänderung wächst oder schrumpft das Quecksilbervolumen. Die **Länge l** der Quecksilbersäule in der Kapillare ändert sich mit der Temperatur.

Luft-Thermometer

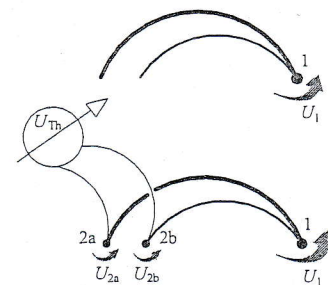
In einem Glasgefäß ist Luft eingesperrt. Ein dünnes Glasröhrchen führt in ein Manometer, das den Luftdruck digital anzeigt. Bei einer Änderung der Temperatur wird der **Luftdruck p** stärker oder schwächer.

Widerstands-Thermometer

Im Inneren eines Stabes ist ein Platin-Widerstand untergebracht. Die Atome eines Metalls sind in einem Gitterverband angeordnet und schwingen je nach Temperatur stärker oder schwächer. Dadurch wird der Elektronenstrom durch das Metall mehr oder weniger behindert; der **Widerstand R** nimmt mit der Temperatur zu oder ab.

Thermoelement

Berühren sich die Enden zweier Drähte aus verschiedenen Metallen, so treten an der Kontaktstelle 1 Elektronen über. Es entsteht eine Kontaktspannung U_1 , die einen weiteren Übertritt verhindert. Die Ursache des Übertritts ist die Stärke, mit der ein Metall Elektronen bindet und die von Metall zu Metall verschieden ist. Die Kontaktspannung ist temperaturabhängig. Verbindet man die freien Enden der Drähte über Kupferleitungen mit einem Spannungsmessgerät, so treten an den Verbindungsstellen 2a und 2b weitere Kontaktspannungen U_{2a} und U_{2b} auf, die zusammen so groß sind wie U_1 , wenn alle Kontaktstellen gleiche Temperatur besitzen. Das Messgerät zeigt keine Spannung an.



Ändert sich die Temperatur an der Stelle 1 gegenüber der Temperatur an 2a und 2b, so ändert sich U_1 , das Messgerät zeigt die „Thermospannung“ $U_{Th} = U_1 - (U_{2a} + U_{2b})$ an. Die Stellen 2a und 2b werden auf einer konstanten Bezugstemperatur gehalten; t ist die Temperatur der Stelle 1 gegenüber der Bezugstemperatur. Die **Thermospannung U_{Th}** ändert sich mit der Temperatur t .

In den Versuchen werden Temperaturskalen festgelegt. Dazu nutzt man Fixpunkte (feste Punkte)

Allgemeine Laborregeln: (1) Pünktlich zum Labortermin am angegebenen Treffpunkt erscheinen. (2) Jede nicht im Labor Essen und Trinken. (3) Jeden entstandenen Defekt melden. (4) Die Vorbereitung zu Hause lösen. Nicht unvorbereitet erscheinen. Zum Lösen der Aufgaben benötigen Sie einen Taschenrechner. (5) Nicht ungetragen andere Versuchsaufbauten benutzen.

mit erfahrungsgemäß fester Temperatur: den Schmelzpunkt von Eis und den Siedepunkt von Wasser. Bei einem Fixpunkt führen die untersuchten Eigenschaften l , p , R und U_{Th} zu einer Anzeige A , der man eine willkürliche Temperatur zuordnen kann, z.B. der Siedetemperatur 100° , der Schmelztemperatur 0° .

Die abgelesenen Anzeigen sind A_{100° und A_{0° , z.B. beim Quecksilberthermometer abgelesene Längen der Quecksilbersäule von 333.0 mm und 11.5 mm (bezogen auf eine willkürliche Markierung).

Nimmt man eine lineare Abhängigkeit der Eigenschaft und somit der Anzeige A von der Temperatur an, gehört zu jedem Anzeigewert A_t eine einfach berechenbare Temperatur t in $^\circ$.

Vorbereitungen zu Hause

- Geben Sie die Temperatur t als Funktion der Anzeige A_t an, wenn A_{0° und A_{100° gegeben sind.
- Geben Sie die maximale Temperatur t_{\max} an (grobe Schätzung), wenn für die Anzeigen A_t , A_{0° und A_{100° ein gleich Fehler f_A angenommen wird. Der Fehler f_t der Temperatur ist dann $f_t = t_{\max} - t$.
- Kann man den angenommenen linearen Zusammenhang zwischen Eigenschaft und Temperatur beweisen?
- Welche weiteren physikalischen Eigenschaften können zur Temperaturmessung herangezogen werden?
- Im Labor steht ein Thermometer, dessen Aufbau auf Galilei zurückgeht:
Eine durchsichtige Glasröhre ist mit einer Flüssigkeit gefüllt, in der einige Hohlkugeln aus Glas übereinander schwimmen, während andere zu Boden gesunken sind. Die Kugeln sind mit einer farbigen Flüssigkeit gefüllt; jede Kugel repräsentiert eine Temperatur in $^\circ\text{C}$ und ist beschriftet. Die unterste der schwimmenden Kugeln zeigt die Temperatur an. Erklären Sie das Prinzip des Gerätes.

Messungen □ und Auswertungen ●

Während aller Versuche haben die Bezugsstellen für das Thermoelement die Schmelztemperatur des Eises. Dazu müssen stets Eis und Wasser gemeinsam vorliegen.

1. Bestimmung der A_{0° -Werte

- Im Becher mit den Thermometern Schmelztemperatur des Eises herbeiführen, rühren und warten, bis Anzeigen konstant bleiben. Außendruck im Gasthermometer herstellen, dazu das Ventil öffnen, dann das Ventil schließen und während aller Versuche geschlossen lassen.
- A_{0° -Werte notieren.

2. Bestimmung der A_{100° -Werte

- Im Becher mit den Thermometern Siedetemperatur des Wassers herbeiführen, rühren und warten, bis Anzeigen konstant bleiben.
- A_{100° -Werte notieren.
- Fehler der Anzeigen schätzen.

3. Bestimmung der Lufttemperatur

- Thermometer hängen in der Luft und sollen die Temperatur messen.
- Warten, bis Anzeigen konstant bleiben.
- A_t -Werte notieren.
- Nach a) und b) Lufttemperatur und Fehler für alle Thermometer berechnen.
- Die Einzelergebnisse werden sich nicht überlappen. Was folgt daraus?
- Wichtung und Angabe des Gesamtergebnisses.

4. Absoluter Nullpunkt der Temperatur

Nach der kinetischen Gastheorie ist der Druck eines Gases proportional der mittleren kinetischen Energie seiner Teilchen. Dann muss ein kleinster Druck existieren.

- Wie groß ist dieser Druck?
- Zugehörige Temperatur grafisch bestimmen; dabei die Gerade durch die (x,y) -Werte $(0^\circ, A_{0^\circ})$ und $(100^\circ, A_{100^\circ})$ für das Luftthermometer nutzen.

Die hier definierte Skala entspricht quasi der $^\circ\text{C}$ -Skala. Dort werden allerdings Siede- und Schmelztemperatur bei einem Luftdruck von 1013.25 mbar festgelegt.

Die thermodynamische Skala beginnt am absoluten Nullpunkt der Temperatur und hat die Einheit Kelvin (K). Genaue Experimente zeigen:

$0\text{K} \triangleq -273.15^\circ\text{C}$. Eine Temperaturdifferenz hat auf beiden Skalen den gleichen Zahlenwert.

Der Name „Thermoelement“ ist historisch. Als „Elemente“ werden auch Apparaturen bezeichnet, die eine elektrische Spannung erzeugen. Beim Thermoelement hat die Spannung eine thermische Ursache.

Allgemeine Laborregeln: (1) Pünktlich zum Labortermin am angegebenen Treffpunkt einfinden. (2) Bitte nicht im Labor Essen und Trinken. (3) Jeden entstandenen Defekt melden. (4) Die Vorbereitung zur Aufgabe lösen. Nicht unvorbereitet erscheinen. Zum Lösen der Aufgaben benötigen Sie einen Taschenrechner. (5) Nicht ungefragt andere Versuchsaufbauten benutzen.