

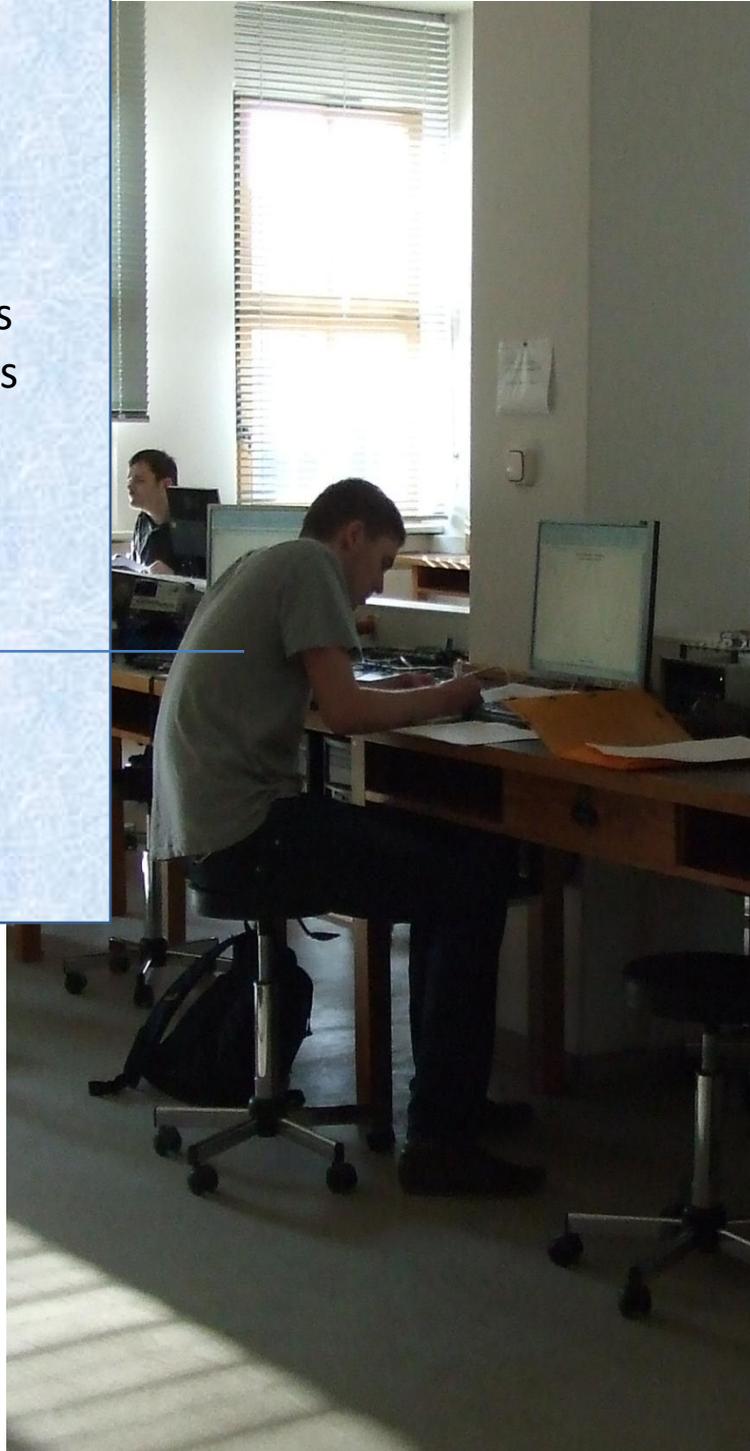
Musterprotokoll

The protocol - The log of your measurements

General Outline

1. Tasks
2. Principles
3. Setup and procedure
4. Measuring data
5. Data and error analysis
6. Summary of the results
7. Discussion

→ in total 5-8 pages





Nebenfach

Bearbeiter 1 / Name, Vorname: Robin Müller

Bearbeiter 2 / Name, Vorname: Ronja Schulze

Versuch: 232 - Heat capacity of metals

Datum des Praktikumsversuchs: 25.12.2018

Assistent: Dr. Stein

Dieses Protokoll besteht aus 1 Deckblatt und 5 Seiten

■ Bewertung ■

Kolloquium

Bearbeiter 1:

Bearbeiter 2:

Bemerkung zum Protokoll:

Nachbesserung erforderlich: _____

Testat erteilt am: _____

Unterschrift des Assistenten: _____

Heat capacity of metals

-1-

1. Tasks

- 1.1. To determine the specific heat capacity of aluminium, brass, and copper.
- 1.2. To verify Dulong Petit's law with the results of the experiment.

2. Basic Principles

- Determination of the specific heat capacity of different materials:

$$C_{\text{material}} = \frac{(C_w m_w + K)(\vartheta_m - \vartheta_1)}{m_p (\vartheta_2 - \vartheta_m)}$$

$$C_w = \text{specific heat capacity of water} = 4.187 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$$

$$K = \text{heat capacity of the calorimeter} = 97.8 \pm 11 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\vartheta_1 = \text{read off point when mixture starts}$$

$$\vartheta_2 = \text{boiling point of water} = f(\text{atm. pressure})$$

$$\vartheta_m = \text{temperature of mixture}$$

m_w = mass of water

m_p = mass of probe

- Dulong Petit's law: the mass-specific heat capacity is for a number of solid substances close to a constant value: $C_{\text{mol}} = 3R$; R = gas const.

3. Set-up & Procedure

- determine the weight m_p for all specimens
- heat water + specimens to $\sim 100^\circ\text{C}$ (boiling point)
- fill the calorimeter with cold water of known mass
- leave the specimens in the boiling water for ~ 10 min, and put these quickly in the calorimeter; read off ϑ over time

Erklärung:

1. Aufgaben hinschreiben (Gute Idee: Seiten nummerieren)
2. Kurze Grundlagen, wichtigste Formeln und Symbole erklären
3. Versuchsdurchführung: Skizze eventuell + Beschreibung, was zu tun

4. Measured Data

a) copper

$$m_w = 100g$$

$$m_p = 61.9g$$

ϑ in $^{\circ}C$ every 30 seconds:

24.0	24.0	24.0	23.9	23.9	23.9	23.8	23.8
27.0	27.2	27.2	27.2	27.1	27.1	27.1	

b) aluminium

$$m_w = 100g$$

$$m_p = 20.7g$$

ϑ in $^{\circ}C$ every 30 seconds:

24.8	24.8	24.8	26.0	27.4	27.4	27.4
27.4	27.4	27.4				

c) brass

$$m_w = 100g$$

$$m_p = 60.2g$$

ϑ in $^{\circ}C$ every 30s:

23.0	23.0	23.0	23.0	24.0	25.4	27. 25.7
25.8	25.8	25.8	25.8	25.8		

• air pressure: 758 Torr $\rightarrow \vartheta_2 = 99.9^{\circ}C$

• Reading errors: $\Delta\vartheta = 0.1^{\circ}C$ $\Delta m = 0.1g$

Unterschrift
Assistent

Erklärung:

4. Messdaten

Messtabellen anfertigen: Dazu überlegen - Welche physikalische Größe muss in Abhängigkeit einer anderen Größe gemessen werden ?

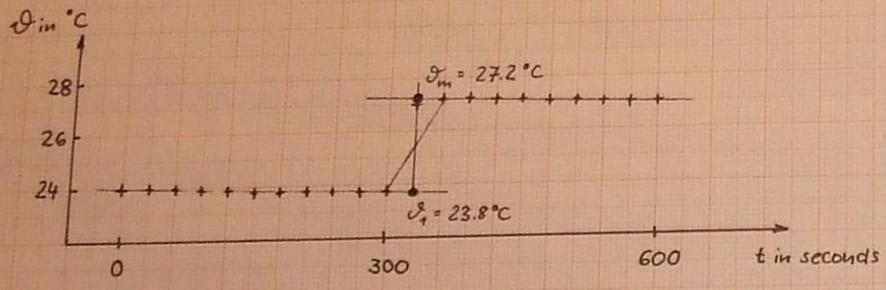
Ablese- und Messunsicherheiten aufschreiben!

5. Data & Error Analysis

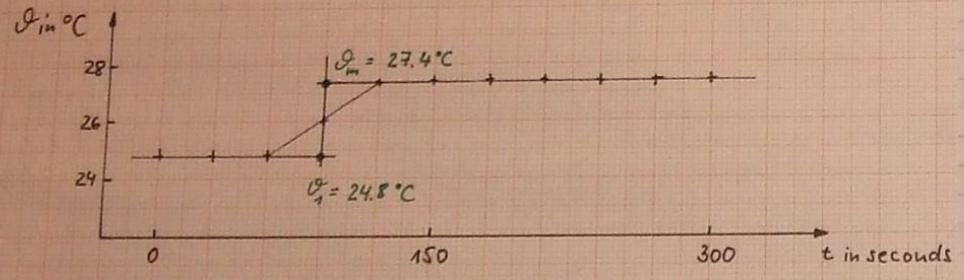
• Determination of c for the different specimens

- read off of ϑ_1 & ϑ_m

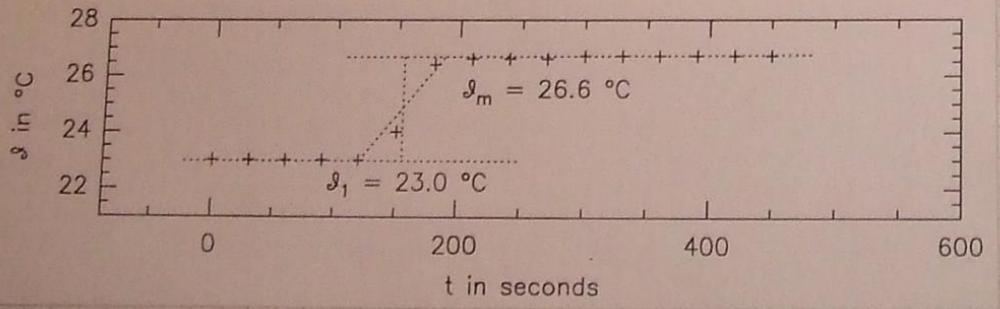
a) copper



b) aluminium



c) brass



Erklärung: 5. Auswertung: kein Prosa-Text!
Nur Rechnerei + graphische Darstellungen zur Ermittlung der Ergebnisse
(auf Millimeterpapier oder mit Computer – Achsenbeschriftungen nicht vergessen!)

Hier ist ausnahmsweise schwarzer Fineliner auf Millimeterpapier verwendet worden, um für das Foto einen besseren Kontrast zu haben. Normalerweise ist nur Bleistift auf Millimeterpapier zugelassen.

$$c = \frac{(c_w m_w + K)(\vartheta_m - \vartheta_1)}{m_p (\vartheta_2 - \vartheta_m)} \left[\frac{\left(\frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} + \frac{\text{J}}{\text{K}} \right) (K - K)}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$$

$$\text{copper: } c = \frac{(0.1 \cdot 4186 + 97.3)(27.2 - 23.8)}{0.0619 (99.9 - 27.2)} = \underline{\underline{389.8 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}}}$$

$$\text{aluminium: } c = \frac{(0.1 \cdot 4186 + 97.3)(27.4 - 24.8)}{0.0207 (99.9 - 27.4)} = \underline{\underline{893.8 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}}}$$

$$\text{brass: } c = \frac{(0.1 \cdot 4186 + 97.3)(26.6 - 23)}{0.0602 (99.9 - 26.6)} = \underline{\underline{420.8 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}}}$$

Error analysis

$$\Delta c = \frac{\partial c}{\partial m_w} \cdot \Delta m_w + \frac{\partial c}{\partial (\vartheta_2 - \vartheta_m)} \cdot \Delta (\vartheta_2 - \vartheta_m) + \frac{\partial c}{\partial K} \Delta K + \frac{\partial c}{\partial m_p} \Delta m_p + \frac{\partial c}{\partial (\vartheta_m - \vartheta_1)} \Delta (\vartheta_m - \vartheta_1)$$

$$= \frac{(m_w c_w + K)(\Delta \vartheta_m + \Delta \vartheta_1)}{m_p (\vartheta_2 - \vartheta_m)} + \frac{(m_w c_w + K)(\vartheta_m - \vartheta_1)}{m_p (\vartheta_2 - \vartheta_m)^2} (\Delta \vartheta_2 + \Delta \vartheta_m)$$

1*

$$\Delta c_{\text{copper}} = \underline{\underline{10.3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}}} \quad \Delta c_{\text{Alu}} = \underline{\underline{37.8 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}}} \quad \Delta c_{\text{brass}} = \underline{\underline{11.7 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}}}$$

Molar heat capacity (zu Aufg. 1.2):

$$c_{\text{Mol}} = M \cdot c_{\text{material}}$$

M = molar mass

$$c_{\text{Mol}}^{\text{copper}} = 0.0635 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 389.8 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = \underline{\underline{24.7 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}}$$

$$c_{\text{Mol}}^{\text{Alu}} = 0.027 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 893.8 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = \underline{\underline{24.1 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}}$$

$$c_{\text{Mol}}^{\text{brass}} = (0.0394 + 0.0248) \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 420.8 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = \underline{\underline{27.0 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}}$$

Erklärung: 5. Auswertung: ... + Fehlerbehandlung

Überschriften geben dem Protokoll eine Struktur und erleichtern die Nachvollziehbarkeit;

1* an diese Stelle muss noch ein eingesetztes Beispiel zur Berechnung des Fehlerwertes

6. Summary of results

Specific heat capacity

Measurement:

$$\text{Copper: } (390 \pm 10) \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$\text{alumin.: } (894 \pm 38) \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$\text{brass: } (421 \pm 12) \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

Reference value:

$$381 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$896 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$385 - 389 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

7. Discussion

The determined values of the heat capacity agree well to the references for copper and aluminium. The difference of the result for brass is possibly caused by the unknown composition of the alloy.

The law of Dulong and Petit is confirmed.

Erklärung:

6. Ergebnisdarstellung:

Angabe der Ergebnis- mit Fehlerwerten gleicher Einheit und Größenordnung!

- Angabeform: Ergebnis \pm Fehler in Klammern, Einheit dahinter
- Beachten der signifikanten Stellen (ein oder zwei)
- Vergleich eigener Werte mit Tabellen-/Tafelwerten (selbst nachzuschlagen)

7. Diskussion

beschreibender Text:

Wurde das Versuchsziel erreicht?

Entsprechen die Ergebnisse den Referenzwerten?

Wenn nicht – warum nicht?