

Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München  
 Grundpraktikum in Experimentalphysik - Kurs P2  
 Blockpraktikum vom 10. Aug. bis 07. Sept. 2020

Versuch:	APW	Gruppe:	F2-2							
Vorname:	YUDONG	Name:	SUN							
Mit Abgabe der Auswertung wird bestätigt, dass diese eigenständig erstellt wurde!										
Punkte der Vorbereitung:			2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,0		
							1. Abgabe	2. Abgabe		
Alle Teilversuche vollständig ausgewertet?							Ja	Nein	Ja	Nein
Wurden immer korrekte Formeln angegeben und eigene Werte eingesetzt?							Ja	Nein	Ja	Nein
Wurde immer eine Fehlerrechnung durchgeführt?							Ja	Nein	Ja	Nein
Wurde immer eine aussagekräftige Diskussion geführt?							Ja	Nein	Ja	Nein
Sind Endergebnisse immer angegeben und korrekt gerundet?							Ja	Nein	Ja	Nein
Wurden alle Diagramme mit geeignetem Maßstab und Titel eingeklebt?							Ja	Nein	Ja	Nein
Enthalten die Diagramme alle Messwerte, Beschriftungen u. Konstruktionen?							Ja	Nein	Ja	Nein
Auswertung erhalten am:										
Auswertung zurückgegeben am:										
Nacharbeit notwendig bis:										nicht möglich
Wird eine der obigen Fragen bei der ersten Abgabe mit Nein beantwortet ist eine Nacharbeit erforderlich!										
Punkte:		Datum, Abtestat:								

Bitte bewahren Sie Ihre Hefte nach dem Praktikum unbedingt auf.

**28**  
32 Blatt

**BRUNNEN** 

Schulheft A4  
 Zellstoff chlorfrei gebleicht  
 80 g/m<sup>2</sup>

**28**  
32 Blatt

## Stichwörter zu APW:

Wärme: statische Verteilung von Energie

Temperatur: Maß für die mittlere kinetische Energie und damit für den mittleren Geschwindigkeitsbetrag der Teilchen.

Wärmekapazität: Zusammenhang zwischen zugeführter Wärmenenge und Temperaturänderung.

Spezifische Wärmekapazität: Wärmekapazität pro Masse.

Prinzipielle Anordnung zur Bestimmung einer Wärmekapazität: / Kalorimetrie

→ Kalorimeter. ~~mit~~ (Höchstgenauigkeit)

① Wassermenge bestimmen ~~und~~

② Wasser im Katalyseer aufheizen und Temperaturänderung messen

Wärmeisolierten Gefäß, das einen Plastiktrichter enthält.

Aufheizen oder chemische Reaktion

⇒  $\Delta T$  ~~messen~~ der Kalorimeterhöchstgenauigkeit.

⇒  $Q = C \Delta T \Rightarrow C$  (Wärmekapazität) bestimmen.

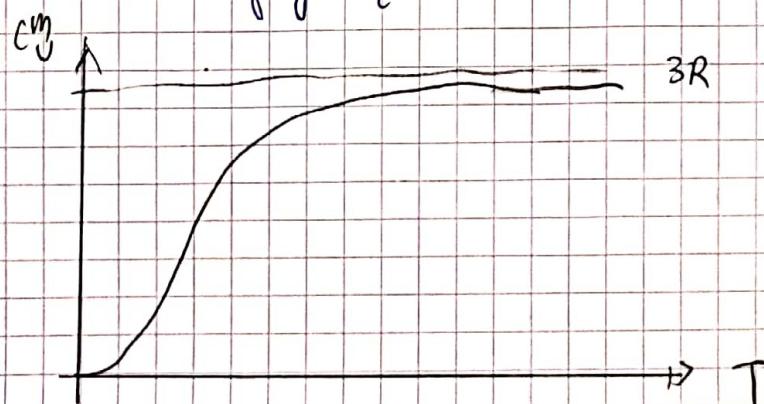
Regel von Dulong und Petit:  $C_V^m = 3R$ .

Wärmekapazität pro ~~je~~ Mol ~~zu~~ eines kristallinen Festkörpers

⇒ Gilt nur für hohe Temperaturbereich.

Temperaturabhängigkeit der Wärmekapazität von Festkörpern:

→ Gitterschwingung Quantisierung.

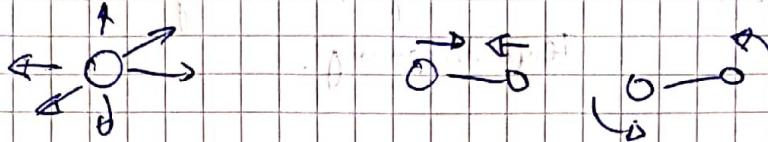


Ramsonsche Gleichung:  $\rho V^\gamma = \text{const.}$

$$\gamma = \frac{C_p^m}{C_v^m} = \frac{f+2}{f}$$

$$C_p^m = C_v^m + R$$

$f \rightarrow$  Freiheitsgrade (Was ist ausgebaut)



Ursache der Wärmestrahlung:

Temperaturbewegung  $\Rightarrow$  Ladungen in Teilchen entfernen  $\rightarrow$  Beschleunigung  
 $\Rightarrow$  EM - Strahlung senden

Plancksche Strahlungsformel:

$$M_{\lambda s}(\lambda, T) = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(\frac{hc}{\lambda k_B T}) - 1}$$

Stefan - Boltzmannsche Gesetz:

$$M_s(T) = \int_0^{\infty} M_{\lambda s}(\lambda, T) d\lambda = \sigma T^4$$

$$\text{mit } \sigma \approx 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

# Versuch : APW - Ausgewählte Phänomene der Wärmelehre

Name : Yudong Sun

Datum : 11. AUG 2020.

## Teilversuch 1 : Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser.

Versuchsziel : • Wassermut des Kalorimeter bestimmen bzw. überprüfen.

• Spezifische Wärmekapazität ~~des~~ <sup>von</sup> Wasser bestimmen

Messmethode : • Wassermut wird durch Mischung von Wasser von verschiedenen Temperatur untersucht.  
• Spezifische Wärmekapazität  $\alpha$  wird ~~durch~~ mittels eines Kalorimeters bestimmt.

### Durchführung :

#### ① Wassermut von Kalorimeter :

- Wasser im Temperierbad auf ca.  $80^{\circ}\text{C}$  aufheizen.
- Füll ~~ein~~ ca. 0.60 kg möglichst kaltes Laufwasser im Messzylinder. Wiege ~~ein~~ und dann Wasser ins Kalorimeter eingießen.
- Leere Messzylinder (mit gefl. übergegangen Wasser) wegen.
- Magnetrührer einschalten. Sobald das Temperatur konstant bleibt, Temperatur  $\Theta_1$  messen.
- Fülle ca. 0.20 kg warmes Wasser vom Temperierbad in den Aluminiumtopf. Wiege mal. Temperatur  $\Theta_2$  des warmen Wassers messen, sobald diese konstant bleibt.
- Warmes Wasser aus dem Aluminiumtopf ins Kalorimetergefäß ~~schnüffeln~~ schüttern.
- Wenn die Temperatur nicht mehr ändert, Temperatur  $\Theta_m$  messen.

- leerer ~~Zapf~~ Aluminiumtopf wegen.

## ② Spezifische Wärmekapazität von Wasser.

- Kalorimeter entleeren.
- Füllt ca. 0,60 kg möglichst kaltes Leitungswasser im Messzylinder wiegt.
- Wasser ins Kalorimeter gießen und leerer Messzylinder wiegen.

### ~~Temperatur~~

- Aufbau nach Abbildung 1, ohne das Netzgerät mit dem Kalorimeter zu verbinden. Beim Anmessen die Buchse für 10A benutzen. Wähle Gleichstrom aus.
- Netzgerät einschalten und Spannung begrenzt auf ca. 30V einstellen. Netzgerät mit Kalorimeter verbinden.
- Strom langsam auf ca. 1,6 A erhöhen.
- Strom und Spannung an den Multimeter notieren
- Stecker aus den Buchsen des Netzgeräts ziehen, aber eingeschaltet lassen.
- Warten und Auftakttemperatur  $\vartheta_0$  messen.  $\text{24,5} \text{ } 25$
- Stromkreis schließen im Stoppuhr starten.
- Eine Minute Temperatur  $\vartheta$  messen. für 15 Minuten
- Netzgerät ausschalten und Brückentest notieren.

Skizze:

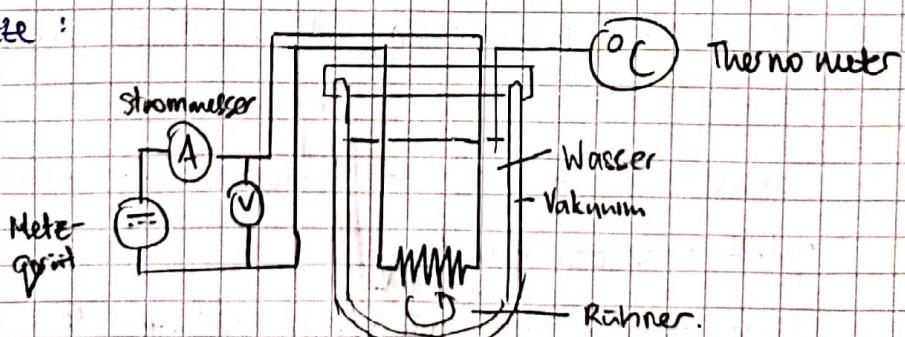


Abbildung 1 : Kalorimeter.

# Messungen:

$$\Delta M = \begin{cases} 0,03 \text{ g} & (\text{bis } 600 \text{ g}) \\ 0,13 \text{ g} & (\text{ab } 600 \text{ g}) \end{cases}$$

①

[Gewicht]

Kalt ( $M_K$ )

Warm ( $M_W$ )

(min. Wäser)

Vor / ~~mg~~

908,6

~~509,03~~

~~509,03~~

(leer)

Nach / ~~mg~~

306,92

294,31

[Temperatur]

$$\text{Kalt } (\vartheta_1) = (24,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

$$\text{Warm } (\vartheta_2) = (74,2 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

$$\text{Mischung } (\vartheta_m) = (36,5 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

~~Max. VH~~

②

~~Mwasser~~

~~Mleer~~

~~$\Delta m$~~

$$m_w^* = \frac{m_w(\vartheta_2 - \vartheta_m)}{(\vartheta_m - \vartheta_1)} - m_K$$

=

$$= 45,8352$$

$$\Delta((\vartheta_2) - (\vartheta_m)) = \sqrt{(\Delta\vartheta_2)^2 + (\Delta\vartheta_m)^2} = \sqrt{2}\Delta\vartheta = \Delta(\vartheta_m - \vartheta_1)$$

$$\Delta m_w^* = m_w^* \sqrt{\left(\frac{\Delta(\vartheta_m - \vartheta_1)}{\vartheta_m - \vartheta_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(\vartheta_2 - \vartheta_m)}{\vartheta_2 - \vartheta_m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m_w}{m_w}\right)^2}$$

$$= m_w^* \sqrt{2(\Delta\vartheta)^2 \left(\frac{1}{\vartheta_m - \vartheta_1} + \frac{1}{\vartheta_2 - \vartheta_m}\right) + \left(\frac{\Delta m_w}{m_w}\right)^2}$$

(2)

$$M_{\text{Wasser}} = 903,2 \pm 0,13 \text{ g}$$

~~$$M_{\text{fes}} M_{\text{ leer}} = (306,83 \pm 0,03) \text{ g}$$~~

~~100/100~~

$$\begin{array}{l} \text{PGr: } 25 \text{ mV} \\ 0,06 \text{ A} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{Spannung V} = (21,5 \pm 0,5) \text{ V} \\ \text{Strom A} = (1,60 \pm 0,01) \text{ A} \end{array} \right.$$

$$[\text{Messreihe}] \quad \Delta t = \quad \Delta \theta =$$

Conversion

$$t / \frac{\text{Sek.}}{\text{min.}} \quad \Theta / {}^\circ\text{C}$$

~~100/100~~

C

## Teilversuch Q: Bestimmung der Wärmekapazitäten von Testkörpern

Vorschlagsziel: Die spezifische Wärmekapazitäten von  $Q_1$  und  $Q_2$  verschiedener Probekörper bestimmen.

Messmaßlochen: Erwärmte Probekörper zum Temperaturausgleich in das kältere Kalorimeterwasser bringen.

~~Skizze~~

Skizze:

Durchführung: Für jeden Probekörper ( $i = 1, 2$ ):

- Masse  $m_i$  ~~trocken~~ bestimmen. (trocken)
- Füllt Messzylinder mit 0,8kg kaltem Wasser. Wiege.

Und dann Wasser ins Kalorimetergefäß

# Messwerten aus Labor.

## Teilversuch ②:

(a) [Gemeldet]

Kalt ( $M_K$ )

Warm ( $M_W$ )

(mit Wasser)

Vor/g

908,6

509,03

( leer)

Nach/g

306,92

294,31

$\Delta M = \pm 0,03 \text{ g}$  (bis 600g)

$\Delta M = \pm 0,13 \text{ g}$  (ab 600g)

[Temperatur]

$$\text{Kalt } (\vartheta_1) = (24,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

$$\text{Warm } (\vartheta_2) = (74,2 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

$$\text{Messung } (\vartheta_m) = (36,5 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

$$M_W^* = \frac{M_W(\vartheta_2 - \vartheta_m)}{(\vartheta_m - \vartheta_1)} - M_K = \left[ \frac{(509,03 - 294,31)(74,2 - 36,5)}{(36,5 - 24,0)} - (908,6 - 306,92) \right] \text{g}$$

$$= 45,8352 \text{ g} = 45,8 \text{ g} \quad (3 \text{ s.z.})$$

(b)  $M_{\text{Wasser}} = (903,2 \pm 0,13) \text{ g}$

$$M_{\text{gear}} = (306,83 \pm 0,03) \text{ g}$$

$$\text{Spannung } V = (21,5 \pm 0,21) \text{ V}$$

$$\text{Strom } A = (1,60 \pm 0,6) \text{ A}$$

Messreihe:  $\Delta t = \pm 0,25$ ,  $\Delta \vartheta = 0,3^\circ\text{C}$

t/Min	0	1	2	3	4	5
$\vartheta/^\circ\text{C}$	25,6	26,5	26,7	27,0	27,6	28,1

t/Min	6	7	8	9	10	11
$\vartheta/^\circ\text{C}$	28,6	29,1	29,5	30,2	30,8	31,2

t/Min	12	13	14	15
$\vartheta/^\circ\text{C}$	31,6	32,0	32,9	33,1

$$\text{Endtemperatur} = (33,1 \pm 0,3)^\circ\text{C}$$

Teilversuch ②

## [Probekörper ①]

$$\text{Masse } M_1 = (485,25 \pm 0,03) \text{ g}$$

$$M_{\text{Wasser} + \text{Zylinder}} = (125,00 \pm 0,13) \text{ g}$$

$$M_{\text{Zylinder}} = (307,57 \pm 0,03) \text{ g}$$

$$\theta_1 = (80,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$$

Messreihe  $\Delta\theta = (\pm 0,5^\circ\text{C})$ ,  $\Delta t = (\pm 0,5)\text{s}$

t/s	-20	-15	-10	-5
-----	-----	-----	-----	----

$\theta/\text{°C}$	26,5	26,7	26,3	26,3
--------------------	------	------	------	------

t/s	5	10	15	20	25	30
-----	---	----	----	----	----	----

$\theta/\text{°C}$	32,3	32,8	32,4	32,3	31,8	31,6
--------------------	------	------	------	------	------	------

t/s	35	40	90	120	150	193
-----	----	----	----	-----	-----	-----

$\theta/\text{°C}$	32,2	31,2	31,6	31,7	32,0	32,1
--------------------	------	------	------	------	------	------

t/s	232	240	270	300	335	370
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

$\theta/\text{°C}$	31,6	31,6	31,1	31,7	31,5	31,2
--------------------	------	------	------	------	------	------

## [Probekörper ②]

$$\text{Masse } M_2 = (1945,80 \pm 0,13) \text{ g}$$

$$M_{\text{Wasser} + \text{Zylinder}} = (1095,4 \pm 0,13) \text{ g}$$

$$M_{\text{Zylinder}} = (307,11 \pm 0,03) \text{ g}$$

$$\theta_2 = (77,7 \pm 0,5)^\circ\text{C}$$

Messreihe  $\Delta\theta = (\pm 0,5^\circ\text{C})$ ,  $\Delta t = (\pm 0,5)\text{s}$

t/s	-20	-15	-10	-5
-----	-----	-----	-----	----

$\theta/\text{°C}$	25,0	24,5	24,2	24,7
--------------------	------	------	------	------

t/s	2	5	10	15	20
-----	---	---	----	----	----

$\theta/\text{°C}$	27,2	30,2	29,1	28,7	28,4
--------------------	------	------	------	------	------

t/s	25	30	35	40	45
-----	----	----	----	----	----

$\theta/\text{°C}$	28,5	28,5	28,5	28,4	28,5
--------------------	------	------	------	------	------

t/s	75	105	135	165	195
-----	----	-----	-----	-----	-----

$\theta/\text{°C}$	28,3	28,2	28,1	28,4	28,3
--------------------	------	------	------	------	------

$t/s$	225	255	285	315
$\Theta/^\circ\text{C}$	28,4	28,3	28,2	28,4

### Teilversuch (3)

$$\begin{cases} M_{\text{Wasser+Alu}} = (717,30 \pm 0,13) \text{ g.} \\ M_{\text{Alu}} = (295,06 \pm 0,03) \text{ g.} \end{cases}$$

$$\Theta_{\text{warm}} = (47,8 \pm 0,1) {}^\circ\text{C}$$

$$\Theta_{\text{Eis}} = (1,5 \pm 0,1) {}^\circ\text{C}$$

$$\begin{cases} M_{\text{ECS+Alu}} = (505,14 \pm 0,03) \text{ g.} \\ M_{\text{Alu}} = (296,65 \pm 0,03) \text{ g.} \end{cases}$$

$$\Theta_{\text{Omsch}} = (16,8 \pm 0,2) {}^\circ\text{C}$$

### Teilversuch (4)

[Ohne Kolben]

<u>7 Schwingungen</u>		$\Delta t = (\pm 0,4 \text{ s})$
$T/s$	① 8,18	② 8,18
<del>7,95</del>	⑤ 7,98	③ 7,96
$T/s$	⑦ 8,26	④ 8,40

[Mit Kolben]

<u>7 Schwingungen</u>		$\Delta t = (\pm 0,4 \text{ s})$
$T/s$	① 5,52	② 5,63
$T/s$	⑤ 5,47	③ 5,83
		④ 5,72
		⑥ 5,46
		⑦ 5,47

$$V_{\text{air}} = 1 \cdot n = V$$

[Messung von Volumen]

$$\begin{aligned} \text{Ohne Wasser } M &= (397,35 \pm 0,03) \text{ g} \\ \text{Mit Wasser } M &= (1504,50 \pm 0,13) \text{ g} \end{aligned} \quad \left. \right\} \text{Kolben.}$$

$$D = (17 \pm 1) \text{ mm} \quad \text{Höhe} = (139 \pm 1) \text{ mm}$$

$$P_0 = (958,2 \pm 0,1) \text{ hPa}$$

## Teilversuch ⑤

$$\tau_0 = (29,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

Messreihe:  $\Delta V = (\pm 0,002) \text{ mV}$ ,  $\Delta \theta = (\pm 0,1)^\circ\text{C}$

$\theta / {}^\circ\text{C}$	80	100	130	160
V/mV	0,010	0,018	0,025	0,052

$\theta / {}^\circ\text{C}$	190	210	240	270
V/mV	0,063	0,079	0,108	0,139

$\theta / {}^\circ\text{C}$	300	330	350
V/mV	0,174	0,222	0,250

LMU München  
Physikalische Praktika

Versuch: APW

Datum: 11.08.2020

Betreuer: Günif