

Bei diesem Versuch zur spezifischen Wärmekapazität fester Körper geht es in den beiden Versuchsteilen um unterschiedliche Lernziele.

Bei der Messung der spezifischen Wärmekapazität eines Metalls in der Nähe der Zimmertemperatur mit Hilfe von Mischungsversuchen im Kalorimeter soll durch möglichst geschicktes Vorgehen der Messfehler minimiert werden.

Bei der Messung der Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärmekapazität von Aluminium über einen großen Temperaturbereich geht es einerseits um das Kennenlernen dieses den meisten Praktikanten noch unbekanntes Phänomens, das klassisch nicht erklärbar ist, und andererseits um das benutzte Messverfahren.

Hinweise:

- 1) Der Umgang mit **flüssigem Stickstoff** erfordert besondere Vorsicht, da Spritzer auf die Haut zu schweren Verbrennungen führen können: daher **Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen!**
- 2) Bitte keine Gegenstände in das empfindliche Glas-Kalorimeter werfen!

Aufgaben:

1. Bestimmen Sie so genau, wie es mit den verfügbaren Geräten möglich ist, die spezifische Wärmekapazität von Aluminium und höchstens noch einem weiteren der Metalle Kupfer, Messing, Blei und Zinn. Finden Sie durch Überlegung und durch Vergleichsexperimente heraus, wie ein solcher Versuch durchzuführen ist.

Wichtige Fragen sind beispielsweise: Benützt man ein kompaktes Metallstück oder Granulat, heißes Metall und kaltes Wasser oder umgekehrt? Ist Wasser oder eine andere Flüssigkeit geeigneter? Was sind günstigste Anfangs- bzw. günstigste Endtemperatur? Was für Massen (Wasser und Metall) benutzt man und wie und wann bestimmt man sie? Muss man den Massenfehler durch anhaftendes Wasser oder die an das Kalorimeter und Zubehör abgegebene Wärmemenge berücksichtigen? Geeignetes Thermometer (Genauigkeit, Ablesbarkeit, störende Masse)? Jeweils eine Temperaturablesung oder Messung der Temperatur-Zeit-Abhängigkeit? Sind Vorexperimente mit bekannten Sollergebnissen (z.B. Wasser-Wasser-Mischung) sinnvoll?

Beschreiben und begründen Sie Ihre Versuchsplanung. Messen Sie sehr sorgfältig. Wiederholen Sie Messungen. Variieren Sie das Verfahren. Äußern Sie sich am Ende der Auswertung noch einmal zum Verfahren und geben Sie mit Begründungen an, welche besten Versuchsbedingungen Sie jetzt wählen würden.

2. Messen Sie die spezifische Wärmekapazität von Aluminium in Abhängigkeit von der Temperatur zwischen etwa 100K und 300K.

Beim Hantieren mit flüssigen Stickstoff ist das Tragen von Handschuhen und einer **Schutzbrille** vorgeschrieben!

Kühlen Sie den Aluminium-Hohlzylinder mit flüssigem Stickstoff in dem Nalgene-Behälter auf -196°C ab. Bereiten Sie den Edelstahl-Isolierbehälter durch ausschwenken mit flüssigem Stickstoff auf die Aufnahme des kalten Aluminium-Hohlzylinders vor. Heizen Sie dann mit Hilfe der eingebauten Heizwicklung den Aluminium-Hohlzylinder innerhalb des Edelstahl-Isolierbehälters mit konstanter Heizleistung (ca. 20W; Spannung am Versorgungsgerät, Strom am Messgerät DVM M818 ablesen!) wieder auf und registrieren Sie mit Hilfe eines Datenloggers die Aufwärmkurve, also die Temperatur über der Zeit. Dazu ist ein NiCr-Ni-Thermoelement im Aluminium-Hohlzylinder befestigt; mit Eiswasser wird die Referenztemperatur von 0°C stabil zur Verfügung gestellt.

Diese Messung kann schon gestartet werden, bevor mit den Arbeiten zu Aufgabe 1 begonnen wird. Sie läuft ja, abgesehen von gelegentlichen Kontrollen der Heizleistung, automatisch ab. Für die Berücksichtigung der dem Aluminium-Zylinder trotz Isolierung von der Umgebung zugeführten Wärme wird eine zweite, gleichartige Messung benötigt, bei der die elektrische Heizung ausgeschaltet bleibt. Eine solche Messung dauert 24 Stunden und lässt sich somit nicht an einem Versuchstag durchführen. Sie erhalten deshalb einen entsprechenden Datensatz für Ihre Auswertung.

Tabelle der NiCr-Ni – Spannungen im Temperaturbereich -200°C bis +40°C:

-190	-5.730	-5.747	-5.763	-5.780	-5.797	-5.813	-5.829	-5.845	-5.861	-5.876	-5.891
-180	-5.550	-5.569	-5.588	-5.606	-5.624	-5.642	-5.660	-5.678	-5.695	-5.713	-5.730
-170	-5.354	-5.374	-5.395	-5.415	-5.435	-5.454	-5.474	-5.493	-5.512	-5.531	-5.550
-160	-5.141	-5.163	-5.185	-5.207	-5.228	-5.250	-5.271	-5.292	-5.313	-5.333	-5.354
-150	-4.913	-4.936	-4.960	-4.983	-5.006	-5.029	-5.052	-5.074	-5.097	-5.119	-5.141
-140	-4.669	-4.694	-4.719	-4.744	-4.768	-4.793	-4.817	-4.841	-4.865	-4.889	-4.913
-130	-4.411	-4.437	-4.463	-4.490	-4.516	-4.542	-4.567	-4.593	-4.618	-4.644	-4.669
-120	-4.138	-4.166	-4.194	-4.221	-4.249	-4.276	-4.303	-4.330	-4.357	-4.384	-4.411
-110	-3.852	-3.882	-3.911	-3.939	-3.968	-3.997	-4.025	-4.054	-4.082	-4.110	-4.138
-100	-3.554	-3.584	-3.614	-3.645	-3.675	-3.705	-3.734	-3.764	-3.794	-3.823	-3.852
-90	-3.243	-3.274	-3.306	-3.337	-3.368	-3.400	-3.431	-3.462	-3.492	-3.523	-3.554
-80	-2.920	-2.953	-2.986	-3.018	-3.051	-3.083	-3.115	-3.147	-3.179	-3.211	-3.243
-70	-2.587	-2.620	-2.654	-2.688	-2.721	-2.755	-2.788	-2.821	-2.854	-2.887	-2.920
-60	-2.243	-2.278	-2.312	-2.347	-2.382	-2.416	-2.450	-2.485	-2.519	-2.553	-2.587
-50	-1.889	-1.925	-1.961	-1.996	-2.032	-2.067	-2.103	-2.138	-2.173	-2.208	-2.243
-40	-1.527	-1.564	-1.600	-1.637	-1.673	-1.709	-1.745	-1.782	-1.818	-1.854	-1.889
-30	-1.156	-1.194	-1.231	-1.268	-1.305	-1.343	-1.380	-1.417	-1.453	-1.490	-1.527
-20	-0.778	-0.816	-0.854	-0.892	-0.930	-0.968	-1.006	-1.043	-1.081	-1.119	-1.156
-10	-0.392	-0.431	-0.470	-0.508	-0.547	-0.586	-0.624	-0.663	-0.701	-0.739	-0.778
0	0.000	-0.039	-0.079	-0.118	-0.157	-0.197	-0.236	-0.275	-0.314	-0.353	-0.392
t(°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612

Zubehör:

Glas-Dewar-Kalorimeter (250ccm) (sehr empfindlich!), Plexiglasdeckel mit Einfüllöffnung, Trichter;

Halbleiterthermometer mit Digitalanzeige (0,1°C-Schritte);

Quecksilberthermometer (-3°C bis +50°C mit 0,2°C-Teilung);

Heißwasserbereiter, elektrisch beheizt, max. 300ccm;

Präzisionswaage (bitte mit Vorsicht behandeln!);

diverse Messing-, Aluminium- und Kupferzylinder, Aluminium-, Blei-, Zinn- und Kupfergranulat;

diverse Meßzylinder, Erlenmeyerkolben, Bechergläser, Dewar-Gefäß für flüssige Luft, Dewar-Gefäß für Eiswasser;

Aluminium-Hohlzylinder (338g) mit eingebauter Heizwicklung (max.2A) und mit eingebautem **Ni-CrNi-Thermoelement** (die Thermospannungen sind auf der Praktikumshomepage tabelliert);

Edelstahl-Isolierbehälter für die Aufheizkurve;

Nalgene-Isolierbehälter (für die Abkühlung);

Die Daten der Aufwärmkurve ohne Heizung (24Stunden!) sind auf der Praktikumshomepage verfügbar;

Stromversorgung (max. 16V, 5A) für den Heizdraht;

Vielfachmeßgerät (DVM M818);

Computer mit Picoscope TC08 als Datenlogger;

Schutzbrillen, Pinzette.

Literatur:

Demtröder: *Experimentalphysik-1, Kap.10 Wärmelehre*

Hellwege: *Einführung in die Festkörperphysik*

Dekker: *Solid State Physics*

Kittel: *Elementary solid state physics, a short course*

Gerthsen, Kneser, Vogel: *Physik*

Einstein: *Annalen der Physik*, Band 39 (1907)