Erhöhung der inneren Energie durch mechanische Arbeit

ÜBERPRÜFUNG DES 1. HAUPTSATZES DER THERMODYNAMIK.

- Messung der Temperatur des Aluminiumkörpers in Abhängigkeit von der Zahl der Umdrehungen unter der Reibschnur.
- Überprüfung der Proportionalität zwischen Temperaturänderung und Reibungsarbeit und Bestätigung des 1. Hauptsatzes.
- Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Aluminium.

UE2030300

04/16 JS

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Die Änderung ΔE der inneren Energie eines Systems ist nach dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik gleich der Summe aus verrichteter Arbeit ΔW und umgesetzter Wärme ΔQ. Sie lässt sich ablesen an der zu ihr proportionalen Änderung ΔT der Temperatur des Systems, falls keine Änderung des Aggregatzustandes und keine chemische Reaktion statt findet.

Im Experiment wird die Erhöhung der inneren Energie eines Aluminiumkörpers durch mechanische Arbeit untersucht. Dazu wird der zylindrische Körper mit einer Handkurbel um die eigene Achse gedreht und durch die Reibung einer über seine Mantelfläche gleitenden Schnur erwärmt. Die Reibungskraft F entspricht dem Gewicht eines am Ende der Reibschnur aufgehängten Massestücks, das durch die Reibungskraft in der Schwebe gehalten wird. In n Umdrehungen des Körpers wird also die Reibungsarbeit

(1) $\Delta W_n = F \cdot \pi \cdot d \cdot n$

d: Durchmesser des Körpers

verrichtet.

Durch die Reibungsarbeit wird die Temperatur des Körpers vom Anfangswert T_0 auf den Endwert T_n erhöht. Gleichzeitig nimmt die innere Energie um den Wert

(2) $\Delta E_n = m \cdot c_{Al} \cdot (T_n - T_0)$

m: Masse des Körpers

c_{Al}: spezifische Wärmekapazität von Aluminium

zu.

Um einen Wärmeaustausch mit der Umgebung so gut wie möglich zu vermeiden, wird der Körper vor Beginn der Messung auf eine Anfangstemperatur T_0 abgekühlt, die nur wenig unterhalb der Umgebungstemperatur liegt. Außerdem wird die Messung beendet, sobald eine Endtemperatur T_n erreicht ist, die im gleichen Maße nur wenig oberhalb der Umgebungstemperatur liegt.

Damit ist sicher gestellt, dass die Änderung der inneren Energie mit der verrichteten Arbeit übereinstimmt. D.h. es gilt

(3) $\Delta E_n = \Delta W_n$

Fig. 1: Messaufbau

GERÄTELISTE

1 Wärmeäquivalentgerät 1002658 (U10365)

1 Digital-Multimeter P1035 1002781 (U11806)

1 Paar Sicherheitsexperimentierkabel, 75 cm 1017718 (U13812)

AUFBAU

- Wärmeäquivalentgerät an einer stabilen Tischkante festklemmen.
- Aluminiumzylinder in einer Plastiktüte im Kühlschrank auf 5-10° unter Raumtemperatur abkühken lassen.

DURCHFÜHRUNG

- Abgekühlten Aluminiumzylinder am Grundgerät montieren.
- Temperaturfühler mit einem Tropfen Öl benetzen und in den Aluminiumzylinder einrasten lassen.
- Digitalmultimeter als Ohmmeter an den Temperaturfühler anschließen.
- Eimer fast randvoll mit Wasser füllen.
- Reibschnur am Henkel festknoten, von vorne beginnend etwa fünfmal um den Aluminiumzylinder wickeln und das Gegengewicht hinten herunter hängen lassen.
- Eimer vorsichtig etwas anheben, langsam an der Handkurbel drehen und prüfen, ob der Eimer beim Kurbeln in der Schwebe bleibt.
- Falls der Eimer absinkt, eine Windung mehr, falls er ansteigt, eine Windung weniger wickeln.
- Zählwerk auf Null setzen und Widerstand *R* des Temperaturfühlers notieren.
- Weiterkurbeln, bis die Temperatur etwa 5-10° über Raumtemperatur liegt und alle 10 Umdrehungen den Widerstand notieren.
- Gemäß Gl. 1 aus der Zahl *n* der Umdrehungen die Reibungsarbeit ΔW_n berechnen.
- Aus dem Widerstand R des Temperaturfühlers nach der Formel $T = \frac{217}{R^{0,13}} - 151$ die Temperatur *T* in °C berechnen.

MESSBEISPIEL

Masse des gefüllten Eimers: 5 kg

Gewicht des gefüllten Eimers: 49,05 N

Wirksamer Durchmesser des Aluminiumzylinders: 46 mm

Tabelle 1:

n	ΔW_n / J	*R* / kΩ	T
0	0,0	7,90	14,87°C
10	70,9	7,76	15,26°C
20	141,8	7,64	15,59°C
30	212,7	7,50	15,99°C
40	283,5	7,38	16,34°C
50	354,4	7,26	16,70°C
60	425,3	7,14	17,07°C
70	496,2	7,03	17,41°C
80	567,1	6,92	17,75°C
90	638,0	6,81	18,10°C
100	708,8	6,70	18,46°C
110	779,7	6,61	18,76°C
120	850,6	6,51	19,10°C
130	921,5	6,40	19,47°C
140	992,4	6,31	19,79°C
150	1063,3	6,23	20,07°C
160	1134,1	6,14	20,39°C
170	1205,0	6,05	20,72°C
180	1275,9	5,96	21,06°C
190	1346,8	5,88	21,36°C
200	1417,7	5,80	21,67°C
210	1488,6	5,72	21,98°C
220	1559,4	5,64	22,30°C
230	1630,3	5,57	22,58°C
240	1701,2	5,49	22,91°C
250	1772,1	5,42	23,20°C
260	1843,0	5,35	23,49°C
270	1913,9	5,28	23,79°C
280	1984,7	5,21	24,09°C
290	2055,6	5,14	24,40°C
300	2126,5	5,08	24,67°C

AUSWERTUNG

Aus den Gl. 2 und 3 lässt sich die Beziehung

$$T_n = T_0 + \frac{1}{m \cdot c_{Al}} \cdot \Delta W_n$$

herleiten.

Es liegt daher nahe, die gemessenen Temperaturen T_n in Abhängigkeit von der verrichteten Arbeit ΔW_n darzustellen (siehe Fig. 2). Die in der Nähe der Umgebungstemperatur gemessenen Werte liegen auf einer Geraden, aus deren Steigung sich die Wärmekapazität von Aluminium bestimmen lässt. Unterhalb der Umgebungstemperatur nehmen die gemessenen Temperaturen schneller zu als dieser Geradensteigung entspricht, da der Aluminiumkörper Wärme aus der Umgebung aufnimmt. Oberhalb der Umgebungstemperatur wird dagegen Wärme an die Umgebung abgeben.

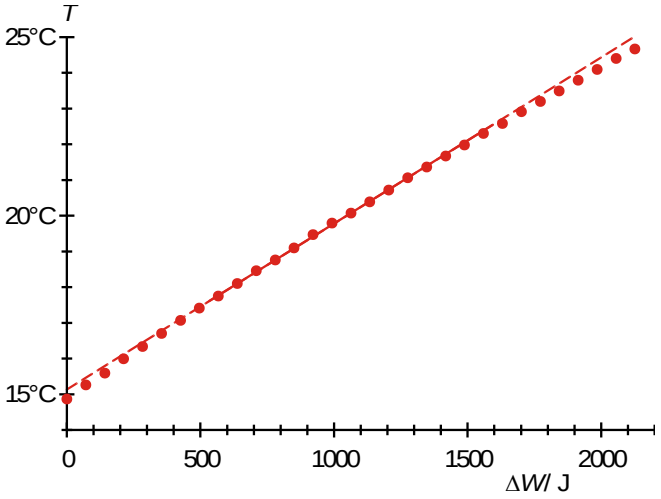

Fig. 2: Temperatur des Aluminiumkörpers in Abhängigkeit von der verrichteten Reibungsarbeit

© Copyright 2016 3B Scientific GmbH