

Aumento dell'energia interna attraverso il lavoro meccanico

VERIFICA DEL PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

- Misurazione della temperatura del corpo in alluminio in funzione del numero di rotazioni sotto alla corda di attrito.
- Verifica della proporzionalità tra la variazione di temperatura e l'attrito e conferma del primo principio.
- Determinazione della capacità termica specifica dell'alluminio.

UE2030300

04/16 JS

BASI GENERALI

In base al primo principio della termodinamica, la variazione ΔE dell'energia interna di un sistema è uguale alla somma del lavoro eseguito ΔW e del calore trasferito ΔQ . Può essere rilevata dalla variazione di temperatura del sistema ΔT a essa proporzionale, nel caso in cui non si verifichi alcuna variazione dello stato di aggregazione né alcuna reazione chimica.

Nell'esperimento si analizza l'aumento dell'energia interna di un corpo in alluminio provocata da lavoro meccanico. A tale scopo, il corpo cilindro viene fatto ruotare attorno al proprio asse con una manovella e riscaldato dall'attrito di una corda che scorre sulla sua superficie esterna. La forza di attrito F corrisponde al peso di un peso sospeso all'estremità della corda di attrito che viene mantenuto in equilibrio dalla forza di attrito. In n rotazioni del corpo viene quindi eseguito il seguente lavoro di attrito

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

d : diametro del corpo

Mediante l'attrito, la temperatura del corpo aumenta dal valore iniziale T_0 al valore finale T_n . Contemporaneamente l'energia interna aumenta del valore

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

m : massa del corpo

c_{Al} : capacità termica specifica dell'alluminio

Al fine di evitare il più possibile uno scambio termico con l'ambiente, prima dell'inizio della misurazione il corpo viene raffreddato a una temperatura T_0 solo leggermente inferiore alla temperatura ambiente. La misurazione, inoltre, viene terminata non appena si raggiunge una temperatura finale T_n , superiore alla temperatura ambiente nella stessa misura.

In tal modo si garantisce che la variazione dell'energia interna corrisponda al lavoro eseguito. Ossia vale

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



Fig. 1: Struttura di misura

ELENCO DEGLI STRUMENTI

- 1 Apparecchio per l'equivalente termico 1002658 (U10365)
- 1 Multimetro digitale P1035 1002781 (U11806)
- 1 Coppia di cavi di sicurezza per esperimenti, 75 cm
1017718 (U13812)

MONTAGGIO

- Bloccare l'apparecchio per l'equivalente termico su un bordo stabile del tavolo.
- Far raffreddare nel frigorifero il cilindro di alluminio in una busta di plastica fino a 5-10° al di sotto della temperatura ambiente .

ESECUZIONE

- Montare il cilindro di alluminio raffreddato sull'apparecchio di base.
- Bagnare il sensore di temperatura con una goccia d'olio e innestarlo nel cilindro di alluminio.
- Collegare il multimetro digitale come ohmetro al sensore di temperatura.
- Riempire il secchio con acqua quasi fino al bordo.
- Annodare la corda d'attrito al manico, avvolgerlo, a partire dalla parte anteriore, circa cinque volte attorno al cilindro di alluminio e dietro far pendere verso il basso il contrappeso.
- Sollevare un po' con prudenza il secchio, girare lentamente la manovella e controllare se il secchio rimane in equilibrio durante l'azionamento della manovella.
- Se il secchio si abbassa, avvolgere per un giro in più, se sale, un giro in meno
- Impostare il contatore a zero e annotare la resistenza R del sensore di temperatura.
- Continuare a girare la manovella finché la temperatura non arriva a circa 5-10° sopra la temperatura ambiente e annotare la resistenza ogni 10 giri.
- Calcolare secondo l'equazione 1 il lavoro d'attrito ΔW_n in base al numero n di giri.
- A partire dalla resistenza R del sensore di temperatura calcolare la temperatura T in °C secondo la formula

$$T = \frac{217}{R^{0,13}} - 151$$

ESEMPIO DI MISURAZIONE

Massa del secchio pieno: 5 kg

Peso del secchio pieno: 49,05 N

Diametro efficace del cilindro di alluminio: 46 mm

Tabella 1:

n	$\Delta W_n / J$	$R / k\Omega$	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

ANALISI

Dalle equazioni 2 e 3 è possibile derivare la relazione

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

È quindi evidente che le temperature misurate T_n possono essere rappresentate in funzione del lavoro eseguito ΔW_n (vedere la fig. 2). I valori misurati in prossimità della temperatura ambiente si trovano su una retta dal cui incremento è possibile determinare la capacità termica dell'alluminio. Al di sotto della temperatura ambiente le temperature misurate aumentano più rapidamente di questo incremento della retta, perché l'alluminio assorbe calore dall'ambiente. Al di sopra della temperatura ambiente viene invece ceduto calore all'ambiente.

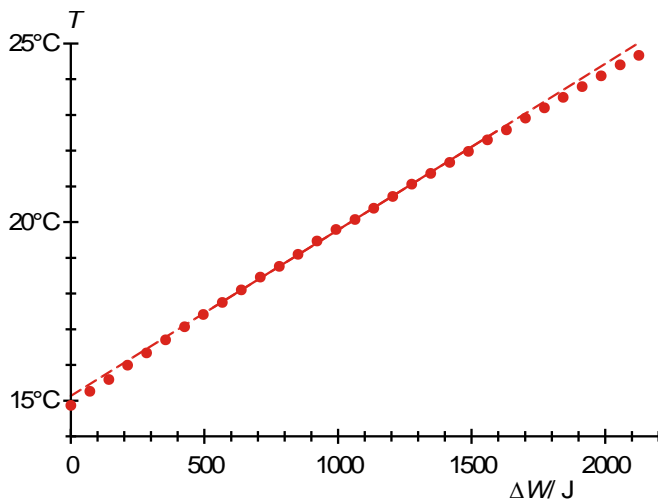


Fig. 2: Temperatura del corpo in alluminio in funzione del lavoro di attrito eseguito.

