热学

内能

通过机械运动增加内能

验证热力学第一定律

- 测定铝体温度关于围绕摩擦绳作转动 的次数的函数
- 研究温度改变和摩擦功的比例关系， 并验证热力学第一定律
- 测定铝的比热

UE203030
08/08 JS

基本原理

根据热力学第一定律，一个系统内能的变化ΔE 等于所做的功ΔW 和传 递ΔQ 的总和。当物体处于聚集体状态并且未发生任何化学反应的情况 下，ΔE 与系统内的温度变化ΔT 成一定的比例关系，因此可以通过测定 系统内的温度变化测定系统内能的变化ΔE。

所设计的实验用于测定由于机械运动引起的铝体内能的增加。通过手动 曲柄围绕轴旋转圆柱休，一条绳索就会被卷在曲面上，提供物体温度升 高所需的摩擦力，摩擦力 F 的大小等于悬挂在摩擦绳底部的物体重量。 悬挂的固体重量与摩擦力大小平衡。因此，在 n 次旋转物体时，克服 摩擦做的功大小为：

（1） $\Delta W_{\mathrm{n}} = F \cdot \pi \cdot d \cdot n$

d: 圆柱体直径

为了尽快避免与环境之间的热量净交换，在测定开始之前，需将物体冷 却到略低于室温的 T0 当物体温度达到略高于室温的最终温度 T 时，立 即停止测定。

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

m:物体质量

C_{Al}: 铝的比热.

注意：在开始测定之前和测定结束时低于室温和高于室温的温度应差 不多相同。

这样能确保内能的转化与所做的功对应。由此，我们可以得到下列方 程:

（3） $\Delta E_{\mathrm{n}} = \Delta W_n$

图 1：实验装置

所需仪器

1 热当量装置 U10365
1 数字万用表 P1035 U11806
1 两根安全实验导线, 75 cm U13816

实验装置

• 把热等效装置夹在稳定的实验台或者实验桌的边缘。
• 把铝质圆筒放在密封的塑料袋中，将其放在冰箱中冷却至低于室温 5°-10°。

实验程序

• 把铝质圆筒从塑料袋中取出并安装在装置上。

• 使用一滴油对温度传感器进行润滑，并将其插入铝质圆筒中。

• 把数字万用表设置到电阻测量功能，并将其与温度传感器相连。

• 在桶中注入水，几乎达到其边缘。

• 把摩擦绳索系到桶的把手上，从前面开始，在铝质圆筒上大约缠绕五圈，使平衡配重垂挂在后面。

• 将桶轻轻提起，缓慢转动手摇曲柄，在转动曲柄时，检查桶是否仍悬挂在其位置上。

• 如桶开始下降，则把绳索多缠绕一圈。如桶上升，则少缠绕一圈。

• 把计数器设置为 0，并记录下温度传感器的电阻 R。

• 继续转动曲柄，每转动 10 圈即读取电阻值，直至温度高于室温大约 5°-10℃。

• 使用方程 1, 通过转动圈数 n 来计算摩擦功 Δ Wn。

• 通过温度传感器的电阻读数 R，使用公式计算温度 T，单位为°C。$T = \frac{217}{R^{0.13}} - 151$

示例测量

满水桶质量：5kg
满水桶重量：49.05 N
铝桶的有效直径：46mm
表 1：实验数据

n	Δ Wn/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

评价

从方程 2 和 3，我们可以得到下列关系：

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

所以，有必要将所有测定的最终温度 Tn ，作为所做功 ΔW 的函数， 绘制在一张图表上（参看图 1）。在室温附近所测定的值成线性关 系。可能通过直线的斜率测定铝的比热。由于铝体从周围环境吸 热，因此在低于室温的情况下，所测定的温度相对于直线斜率升高 更快。相反地，在高于室温的情况下，热传递给周围环境。

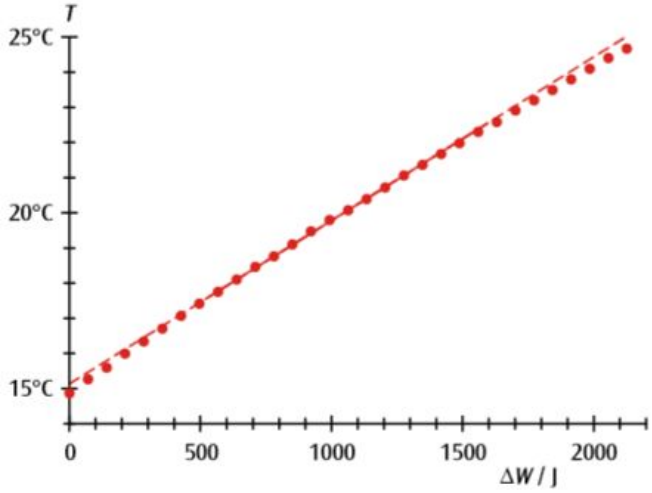

图 2: 作为克服摩擦力做功的函数的铝体温度

3B Scientific GmbH, Rudorffweg 8, 21031 Hamburg, Germany, www.3bscientific.com
© Copyright 2008 3B Scientific GmbH