

# 牛顿冷却定律适用范围的探讨

詹士昌

(杭州师范学院 物理系, 浙江 杭州 310012)

**摘要:** 从实验上对牛顿冷却定律的适用范围进行了测量和分析, 得到了一个牛顿冷却定律适用范围的具体结论.

**关键词:** 牛顿冷却定律; 散热; 适用范围

**中图分类号:** O 551

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0712(2000) 05-0036-02

## 1 问题的提出

在量热学实验中, 一般都要求是理想的绝热系统, 由于热的耗散性, 实验中系统与环境间总存在着热的交换, 这必然会对实验结果带来因散热而产生的误差. 对这一散热误差, 实验上通常采用牛顿冷却定律来修正, 即

$$dQ/dt = K(T - T_0) \quad (1)$$

式中  $T_0$  为环境温度,  $T$  为系统温度,  $K$  为系统冷却散热系数.  $dQ/dt$  为单位时间内系统向环境散失的热量. 实际上, 系统对环境自然散热冷却的规律应该为<sup>[1]</sup>

$$dQ/dt = K(T - T_0)^\alpha \quad (2)$$

其中的指数  $\alpha$  为一常数, 且有  $\alpha > 1$ , 只有在系统与环境中温差  $(T - T_0)$  不太大的情况下, 才可近似认为  $\alpha = 1$ , 此时即为牛顿冷却定律所反映的系统散热规律.

显然, 在量热学实验中关于牛顿冷却定律的应用应该是有条件的, 问题是其适用范围到底如何? 对这一点, 目前大学物理实验教材中, 做了一些论述<sup>[2~3]</sup>. 笔者从实验上进行了测量和分析, 得到了一个牛顿冷却定律适用范围的较具体的结论, 在此供同行们参考.

## 2 实验方法及测量结果

本文实验所用的是具有电加热器的量热器系统. 量热器内盛有一定量的酒精, 系统与环境的温度采用  $0 \sim 50^\circ\text{C}$  (读数精度为  $0.1^\circ\text{C}$ ) 的水银温度计测量. 实验

系统装置如图 1 所示.

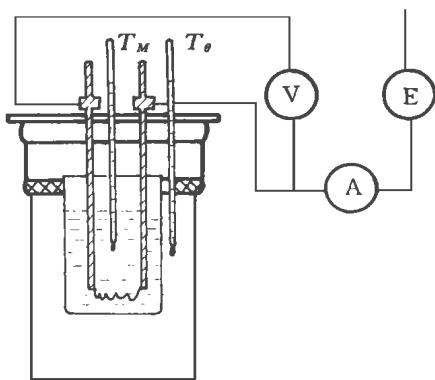


图 1 实验装置

设某一时刻  $t$  系统的温度为  $T$ . 当电源以稳定的电功率  $IU$  由电加热器对系统作功时, 单位时间内系统由电加热器所获得的热量为

$$dQ_1/dt = IU \quad (3)$$

同样, 在单位时间内由于系统自然冷却散热而散失的热量为

$$dQ_2/dt = K(T - T_0)^\alpha \quad (4)$$

由式 (3)、(4) 可见, 随着系统温度的不断升高, 系统散热速率  $dQ_2/dt$  将不断加大, 经过一段时间的延续, 系统最终会达到吸热与放热的平衡状态, 设此时系统的平衡温度为  $T_M$ , 则有

$$\left. \frac{dQ_1}{dt} = \frac{dQ_2}{dt} \right|_M = IU \quad (5)$$

或

$$\left. \frac{dQ_2}{dt} \right|_M = IU = K(T_M - T_\theta)^\alpha \quad (6)$$

实验中, 通过改变电源输给系统的电功率  $IU$  (即  $\left. \frac{dQ_2}{dt} \right|_M$ ), 测出相应情况下系统达到热平衡后的温度与环境温度的差值 ( $T_M \sim T_\theta$ ), 由此来考查和分析

$\left. \frac{dQ_2}{dt} \right|_M$  与  $(T_M - T_\theta)$  之间的变化规律.

实验结果见表 1,  $\left. \frac{dQ_2}{dt} \right|_M \sim (T_M - T_\theta)$  的实验关系曲线见图 2.

表 1

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\left. \frac{dQ_2}{dt} \right _M / W$	1.090	1.309	1.570	1.830	2.111	2.345	2.644	2.807	3.210	3.477	3.824	4.105
$(T_M - T_\theta) / ^\circ C$	10.05	11.75	13.80	15.85	18.05	19.85	22.35	23.60	26.50	28.35	29.95	31.10

### 3 实验结果的分析

从图 2 所示的实验结果中容易看到: 当  $(T_M - T_\theta) \leq 26^\circ C$  时,  $\left. \frac{dQ_2}{dt} \right|_M$  与  $(T_M - T_\theta)$  之间能满足良好的线性关系, 此时, 对于式 (2) 的自然冷却散热公式可取  $\alpha = 1$ ; 当  $(T_M - T_\theta) > 26^\circ C$  以后,  $\left. \frac{dQ_2}{dt} \right|_M$  与  $(T_M - T_\theta)$

之间的非线性关系已非常明显, 并且由图 2 所示图线的变化趋势, 不难判断, 此时必然为  $\alpha > 1$ .

考虑到在量热学实验中, 关于热学系统自然冷却散热问题的修正, 总是运用式 (1) 的牛顿冷却定律来处理, 通过上述关于实验结果的分析, 笔者认为在自然冷却散热情况下, 牛顿冷却定律的适用条件, 可以取到实验系统与环境间的温差  $(T - T_\theta) \leq 25^\circ C$  的范围.

### 参考文献:

- 1 贾玉润, 王公治, 凌佩玲. 大学物理实验 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 1987. 149~153.
- 2 林润生, 卓乐茵. 普通物理实验指导(力、热学部分) [M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1984. 252.
- 3 杨述武. 普通物理实验(力、热学部分) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1982. 188.
- 4 林抒, 龚镇雄. 普通物理实验 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1981. 147.
- 5 陆申龙, 郭有思. 热学实验 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988. 67.

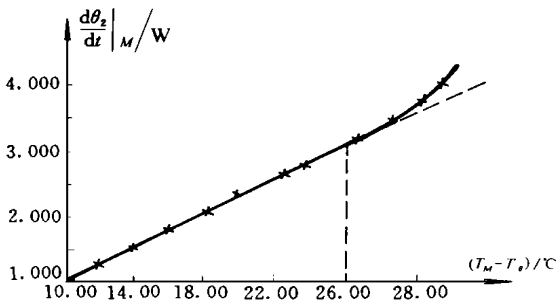


图 2  $\left. \frac{dQ_2}{dt} \right|_M \sim (T_M - T_\theta)$  实验曲线

## The available range of Newton's law of cooling

ZHAN Shi chang

(Department of Physics, Hangzhou Teachers Colloge, Hangzhou, Zhejiang, 310012, China)

**Abstract:** An experiment determining the available range of Newton's law of cooling is reported, and a conclusion is given.

**Key words:** Newton's law of cooling; thermal dissipation; available range