

93.13(1)

①

1-3

大学生在物理实验中所表现出的创造能力

——对“测量液氮汽化热实验”的改进

潘元胜 潘永华 施惠宁

(南京大学)

0551-1

我们从1986年起在大学物理实验课中, 采取激励、引导、创造条件的办法加强学生的创造能力的培养, 多年来取得了可喜的成果。我们的具体做法如下: 在实验课的绪论课上, 通过讲述一些优秀科学家的事迹, 物理学上一些著名的发明创造的事例, 使学生认识到, 作为一个未来的科学家必须培养自己的创造能力, 没有创造不可能成为科学家。而物理实验中有很多现象和问题值得研究, 给学生提供了一个创造的机会。通过绪论课激励学生的创造欲望和兴趣。绪论课上还宣布实验课的考试改为: 在完成必做实验后(一般为12个), 作一份“实验中问题的研究”小论文作为考试, 有创见的、有独立见解的, 成绩才能为优秀。这也是给学生施加了一定的压力。

在学生有了积极性后要进行引导。首先应引导学生在实验中注意观察物理现象, 多思考, 多研究, 去发现问题。为此特开设了讨论课, 讨论课是让学生在完成几个必做实验后, 对已做过的实验自己提出问题进行讨论, 使学生在发现问题上相互有个启发。其次, 还开设了题为“发现从不满意开始”的课外讲座, 主要向学生讲述科学研究工作的基础知识和方法, 在思维方法和实验方法上给学生一定的帮助。

科学研究必须有一定的条件。为了让学

生研究实验中的问题, 就必须给学生创造条件。我们主要是向学生开放实验室和提供一些必要的器材。多年来学生的积极性很高, 有不少发现和创造。现仅介绍1992年上半年学生在研究“测量液氮汽化热实验”中所提出的一些创造性的实验方法, 看看学生所表现出的创造能力。

“测量液氮汽化热实验”是让学生把盛有液氮的保温杯, 放在电子秤上, 把一根约20克的铜棒放入液氮中, 使之汽化。并从电子秤上测出汽化液氮的质量 m (应设法扣除汽化过程中, 从空气中吸收热量汽化的液氮质量)。再把铜棒取出, 放入量热器内测量铜棒在液氮中放出的热量 Q 。则液氮汽化热 L 为:

$$L = \frac{Q}{m}$$

由于测量 m 、 Q 的实验方法不够理想, 有时误差较大, 所以学生作为问题去研究, 提出了不少创造性的实验方法, 并都进行了实验, 作出了研究报告。

(一) 结冰法

1. 取质量为 m_1 的液氮放在保温杯内(不宜过多), 把 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰水倒入液氮中, 使液氮全部汽化。由于液氮汽化吸收热量, 使冰水结冰, 如冰的质量为 m_2 , 则液氮汽化热 L 为:

$$L = \frac{m_2}{m_1} \lambda$$

λ 为冰的溶解热。

此方法既简单又精确，物理概念很清晰，很有独到之处。（信息物理系91级施中明，大气科学系91级杨书运提出。）

2. 如室温为 T ，仍把质量为 m_3 的铜棒放入液氮使之汽化，如液氮汽化的质量为 m_1 ，把铜棒从液氮中取出放入 0°C 的冰水中，则在铜棒周围将结一层冰，如冰的质量为 m_2 ，显然，温度为 77.4K （液氮的温度）的铜棒放入冰水中吸热使冰水结冰，同时铜棒温度升到 0°C 。所以液氮的汽化热 L 为：

$$L = \frac{\lambda m_2 + m_3 c_p T}{m_1}$$

式中 λ 为冰的溶解热， c_p 为铜在室温时的比热容。

本来量热过程中，铜棒上结冰造成水温不均匀是测量中的一个问题，现能充分利用它改进测量方法，确实很巧妙。（天文系90级刘武，生化系90级余鹏、过子锴提出。）

（二）温差法

把盛有液氮的保温杯放在电子秤上，取不同温度的铜棒放入液氮，使之汽化。如两次铜棒的温度为 T_1 、 T_2 （ $T_1 > T_2$ ），液氮两次汽化质量分别为 m_1 、 m_2 ，则液氮的汽化热 L 为：

$$L = \frac{m_3 c_p (T_1 - T_2)}{m_1 - m_2}$$

其中 m_3 为铜棒的质量， c_p 为铜在温度 T_1 和 T_2 时的平均比热容，考虑到铜的比热容随温度改变， T_1 和 T_2 的差不宜过大。

此实验方法把原实验过程和设备简化掉一半，很有创造性。（物理系91级滕志海、宣毅提出。）

（三）消差法

为了减少量热过程中热量损失带来的误差，可取消差法，实验方法不变，只是取形状和大小相同的铝棒和铜棒分别来做。

如铜棒所放出热量为 Q_1 ，使液氮汽化的质量为 m_1 ；铝棒所放出热量为 Q_2 ，使液氮汽化的质量为 m_2 ；如在测量 Q_1 和 Q_2 过程中热量损失为 Q_1' 和 Q_2' ，由于铝棒和铜棒形状和大小相同，可以近似认为 $Q_1' = Q_2'$ ，则在 Q_1 和 Q_2 相减时 Q_1' 和 Q_2' 相消，可以减少测量误差。则液氮的汽化热 L 为：

$$L = \frac{Q_1 - Q_2}{m_1 - m_2}$$

该同学对实验误差问题作了较深入的研究，才提出此独到的方法。（信息物理系91级赵新平提出。）

（四）积分法

测量液氮汽化热实验，之所以不能用计算的方法直接计算出铜棒在液氮中放出的热量 Q ，主要是因为铜的比热容 $c_p(T)$ ，从液氮温度 77.4K 到室温是非线性变化。如能找出 $c_p(T)$ 的函数形式，再测量出铜棒的质量 m_3 ，即可以利用积分的方法求出铜棒从室温到 77.4K 所放出的热量 Q

$$Q = m_3 \int c_p(T) dT$$

1. 曲线拟合法

学生通过对各种金属在不同温度的比热容数值的研究，推断出金属比热容随温度变化的函数形式为：

$$c_p(T) = a \ln T + \frac{b}{T} + c$$

a 、 b 、 c 对不同的金属数值不同。通过计算，对铜， $a = 1.14 \times 10^{-2}$ ， $b = 21.5$ ， $c = 0.523$ 。

利用此函数计算出铜在不同温度的比热容和实验测得的数据吻合得还是比较好的。（物理系90级陈浩提出。）

2. 利用Debye公式^[1]

统计热力学中Debye固体热容公式的展开式为

$$c_p(T) = 3N_A k \left[1 - \frac{1}{20} \left(\frac{Q_D}{T} \right)^2 \right]$$

