



FD-YBQR

液体比汽化热测量仪

说 明 书

上海复旦天欣科教仪器有限公司
中国 上海

液体比汽化热测量仪

一、简介

本仪器对传统的液体比汽化热实验中的加热、输汽装置进行了改进，避免蒸汽在传输过程中的热量损失，减小了实验误差。对加热电炉增加温控控制电路，便于控制水过激沸腾，并保证水蒸汽输入量热器的速率达到实验要求。本实验中量热器内杯与外杯采用聚苯乙烯发泡塑料填充进行绝热，这比空气绝热的量热器绝热效果优良。对温度测量本仪器采用集成电路温度传感器 AD590(线性温度传感器)，实现了液体比汽化热的非电量电测，较准确地测量水和其他液体的比汽化热。本仪表同时可用于冰的熔解热，液氮比汽化热等潜热的测量。实验测量的准确性和可靠性均很好。

二、技术指标

1、交流输入： $200V \pm 10\%$

功率：四位半电源加电炉 300W，305W。

2、炉温电压：从 0-200V 连续可调。

3、仪器重量：

4、数字电压表：四位半数字电压表；量程：0-2V；

分辨率：0.1mV；准确度： $\pm 0.03\%$ ；读数 ± 5 字满量程。

5、集成温度传感器：AD590

线性工作电压：4.5V-20V；灵敏度： $1\mu A/^{\circ}C$ 。

6、取样电阻 $1000\Omega \pm 1\%$ (或 $1000 \pm 10\Omega$)。

7、测量水等液体比汽化热与公认值百分差小于 5%。

三、实验原理

物质由液态向气态转化的过程称为汽化，液体的汽化有蒸发和沸腾两种不同的形式。不管是那种汽化过程，它的物理过程都是液体中一些热运动动能较大的分子飞离表面成为气体分子，而随着这些热运动较大分子的逸出，液体的温度将要下降，若要保持温度不变，在汽化过程中就要供给热量。通常定义单位质量的液体在温度保持不变的情况下转化为气体时所吸收的热量称为该液体的比汽化热。液体的比汽化热不但和液体的种类有关，而且和汽化时的温度有关，因为温度升高，液相中分子和气相中分子的能量差别将逐渐减小，因而温度升高液体的比汽化热减小。

物质由气态转化为液态的过程称为凝结，凝结时将释放出在同一条件下汽化所吸收的相同的热量，因而，可以通过测量凝结时放出的热量来测量液体汽化时的比汽化热。

本实验采用混合法测定水的比汽化热。方法是将烧瓶中接近 100°C 的水蒸汽，通过短的玻璃管加接一段很短的橡皮管(或乳胶管)插入到量热器内杯中。如果水和量热器内杯的初温温度为 $\theta_1^{\circ}\text{C}$ ，而质量为 M 的水蒸汽进入量热器的水中被凝结成水，当水和量热器内杯温度均一时，其温度值为 $\theta_2^{\circ}\text{C}$ ，那么水的比汽化热可由下式得到：

$$ML + MC_w(\theta_3 - \theta_2) = (mC_w + m_1C_{Al} + m_2C_{Al}) \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad 1)$$

其中， C_w 为水的比热容； m 为原先在量热器中水的质量； C_{Al} 为铝的比热容； m_1 和 m_2 分别为铝量热器和铝搅拌器的质量； θ_3 为水蒸汽的温度； L 为水的比汽化热。

集成电路温度传感器 AD590 是由多个参数相同的三极管和电阻组成。该器件的两引出端当加有某一定直流工作电压时（一般工作电压可在 $4.5V - 20V$ 范围内），如果该温度传感器的温度升高或降低 $1^{\circ}C$ ，那么传感器的输出电流增加或减少 $1\mu A$ ，它的输出电流的变化与温度变化满足如下关系：

$$I = B \cdot \theta + A \quad 2)$$

其中， I 为 AD590 的输出电流，单位 $\mu A/^{\circ}C$ ； θ 为摄氏温度， B 为斜率， A 为摄氏零度时的电流值，该值恰好与冰点的热力学温度 $273K$ 相对应(实际使用时，应放在冰点温度时进行确定)。利用 AD590 集成电路温度传感器的上述特性，可以制成各种用途的温度计。在通常实验时，采取测量取样电阻 R 上的电压求得电流 I 。

四、实验装置

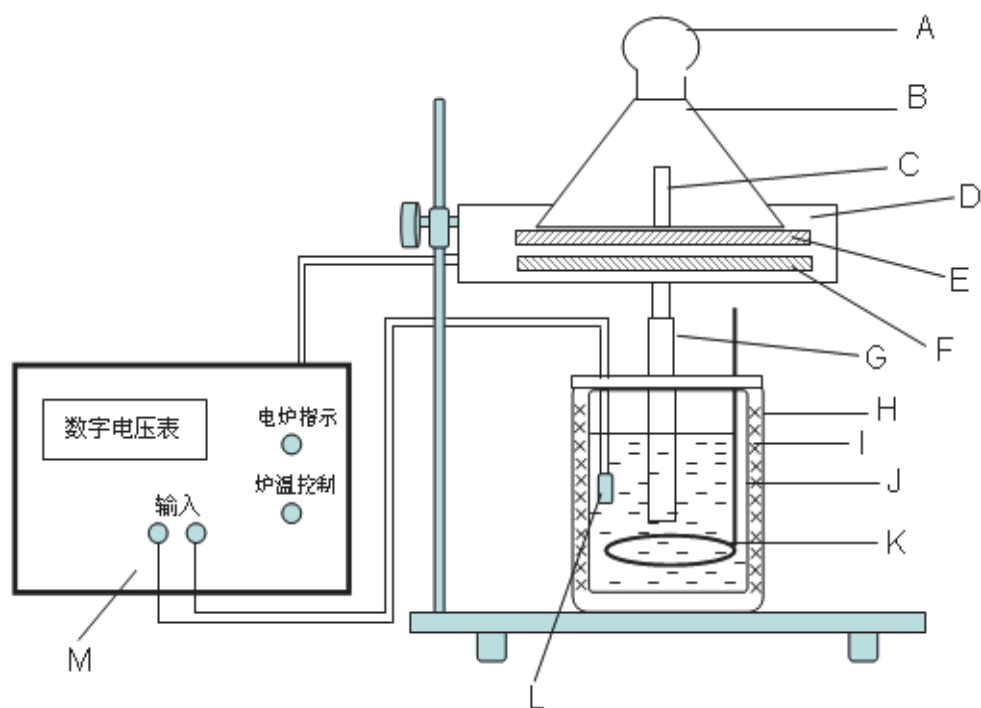


图 1 实验装置图

A 烧瓶盖；B 烧瓶；C 通汽玻璃管；D 托盘；E 电炉；F 绝热板；G 橡皮管；
H 量热器外壳；I 绝热材料；J 量热器内杯；K 铝搅拌器；L、AD590；M 温控和测量仪表

五、实验方法

1、集成电路温度传感器 AD590 的定标。

每个集成电路温度传感器的灵敏度有所不同，在实验前，应将其定标。按图 2 要求接。（实际在我们提供的测量仪器中已经接好电阻为 $1000\Omega \pm 1\%$ ，数字电压表为四位半，传感器加电源电压为 6V。你只要把 AD590 的红黑接线分别插入面板中的输入孔即可进行定标或测量）。把实验数据用最小二乘法进行直线拟合，求得斜率 B，截距 A 和相关系数 r。

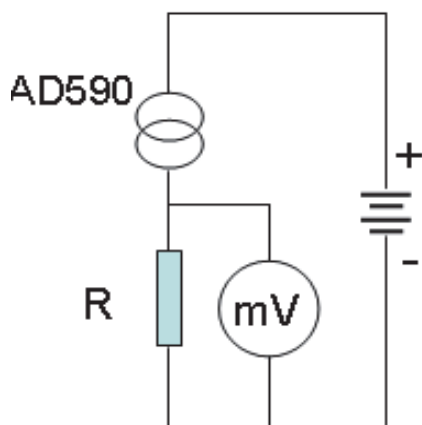


图 2

2、水汽化热的实验：

①、用物理天平或电子天平称量热器和搅拌器的质量 m_1+m_2 ，然后在量热器内杯中加一定量的水，再称出盛有水的量热器和搅拌器的质量减去 m_1+m_2 得到水的质量 m 。

②、将盛有水的量热器内杯放在冰块上，预冷却到室温以下较低的温度。但被冷却水的温度须高于环境的露点，如果低于露点，则实验过程中量热器内杯外表有可能凝结上簿水层，从而释放出热量，影响测量结果。将预冷过的内杯放还量热器内再放在水蒸汽管下，使通汽橡皮管插

入水中约 1 厘米深，注意汽管不宜插入太深以防止通气管被堵塞。

③、将盛有水的烧瓶加热，开始加热时可以通过温控电位器顺时针调到底，此时瓶盖移去，使低于 100°C 的水蒸汽从瓶口逸出。当烧瓶内水沸腾时可以由温控器调节，保证水蒸汽输入量热器的速率符合实验要求。这时要首先读下温度仪的数值 θ_1 。接着把瓶盖盖好继续让水沸腾向量热器的水中通蒸汽并搅拌量热器内的水，通过时间长短，以尽可能使量热器中水的末温度 θ_2 与室温的温差同室温与初温 θ_1 差值相近，这样可使实验过程中量热器内杯与外界热交换相抵消。

④、停止电炉通电，并打开瓶盖不再向量热器通汽，继续搅拌量热器内杯的水，读出水与内杯的末温度 θ_2 。再一次称量出量热器内杯水的总质量 $M_{\text{总}}$ 。经过计算，求得量热器中水蒸汽的质量 $M = M_{\text{总}} - M_0$ 。（ M_0 为未通汽前，量热器内杯、搅拌器和水的总质量）

⑤、将所得到的测量结果代入公式 (1)，即：

求得水在 100°C 时的比汽化热。

六、实验数据和结果

1、 集成电路温度传感器 AD590 定标结果。

$\theta/^{\circ}\text{C}$	13.90	19.25	24.90	29.80	32.50
u/mV	285.7	291.1	296.8	301.8	304.5
$I/\mu\text{A}$	285.7	291.1	296.8	301.8	304.5

经最小二乘法拟合得 $B = 1.012 \mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$ ； $A = 271.6 \mu\text{A}$ ；

2、 水的比汽化热的测量数据如下：

$$m_1 = 3.45\text{g}; \quad m_2 = 27.17\text{g}; \quad \theta_3 = 100.00^{\circ}\text{C}$$

编号	m/g	U ₁ /mv	$\theta_1/^{\circ}\text{C}$	U ₂ /mv	$\theta_2/^{\circ}\text{C}$	M _总 /g	M/g
1	153.90	284.7	12.92	309.1	37.03	160.56	6.66
2	129.81	289.1	17.27	311.3	39.21	135.00	5.19
3	134.45	276.0	4.33	302.5	30.51	140.57	6.12

查表得： $C_w=4.187 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ； $C_{A1}=0.9002 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$

计算结果如下：

水在 100°C 时的比汽化热公认值等于 $2.25 \times 10^3 \text{ J/kg}$

编号	L/(J/kg)	百分差	L'/(J/kg)	百分差
1	2.17×10^6	3.6%	2.18×10^6	3.1%
2	2.16×10^6	4.0%	2.17×10^6	3.6%
3	2.24×10^6	0.4%	2.24×10^6	0.4%

(*百分差是指与公认值百分偏差)

L 表示水的比汽化热，L' 表示经过传感器吸收热量修正的水的比汽化热。修正方法是测量集成电路传感器 AD590 的热容量。即将已知温度 θ_3 的传感器入水部分，放入温度为 θ_1 的量热器内杯中利用热平衡原理测量集成电路的热容量。考虑到传感器的热容量，公式 (1) 可以写成：

$$ML' + MC_w(\theta_3 - \theta_2) = (mC_w + m_1C_{A1} + m_2C_{A1} + m_3C_3)(\theta_2 - \theta_1) \quad (3)$$

(3) 式中 m_3C_3 是集成电路温度传感器 AD590 的热容量。(通过测量可以得到本实验装置的 $m_3C_3=1.796 \times 10^3 \text{ J/kgK}$)

从实验数据上看，用改进后的水的比汽化热测量装置进行测量，从第 1 和第 2 组数据相同条件下进行测量中可以看到，所得到的结果比较稳定，误差一般在 5% 以内。如果考虑量热器不可避免与外界进行热交换，

可在实验中，先使水的初始温度低于室温，当水蒸汽进入量热器的水中，被凝结成水，水与量热器内杯均一温度时，使温度高于室温，并且两者与室温之差基本相等，这样就可以抵消量热器与外界进行热交换，以提高实验的精确度，这从第 3 组数据可以明显看出测量准确度大大提高。

关于其他液体的测量：

本实验装置进行适当改进增加紫铜螺旋管作冷凝器。可做其他各类液体的比汽化热进行测量。