

气体比热容比的测定

NS1215 型气体比热容比测定仪



实验讲义

深圳摩世达科技有限公司

请使用者务必先阅读本说明书，再进行实验操作

气体比热容比 C_p/C_v 的测定

比热容是物性的重要参量，在研究物质结构、确定相变，鉴定物质纯度等方面起着重要的作用。本实验将介绍一种较新颖的测量气体比热容比的方法。

【实验目的】

测定空气分子的定压比热容与定容比热容之比。

【实验器具】

1. 气体比热容比测定仪
2. 气泵

【实验原理】

气体的定压比热容 C_p 与定容比热容 C_v 之比 $\gamma = C_p / C_v$ 。在热力学过程特别是绝热过程中是一个很重要的参数，测定的方法有好多种。这里介绍一种动态测量的方法，通过测定物体在特定容器中的振动周期来计算 γ 值。实验基本装置如图 1 所示，振动物体小球的直径比玻璃管直径仅小 0.01~0.02mm。它能在精密的玻璃管中上下移动，在瓶子的壁上有一小口，并插入一根细管，通过它各种气体可以注入到烧瓶中。

钢球 A 的质量为 m ，半径为 r （直径为 d ），当瓶子内压力 P 满足下面条件时钢球 A 处于力平衡状态。这时 $P = P_L + \frac{mg}{\pi r^2}$ ，式中 P_L 为大气压力。为了

补偿由于空气阻尼引起振动物体 A 振幅的衰减，通过 C 管一直注入一个小气压的气流，在精密玻璃管 B 的中央开设有一个小孔。当振动物体 A 处于小孔

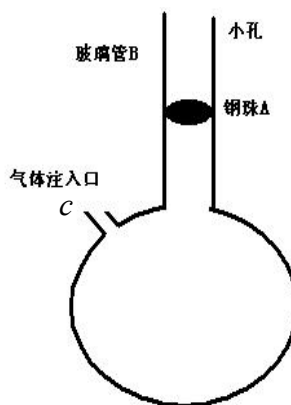


图 1

下方的半个振动周期时，注入气体使容器的内压力增大，引起物体 A 向上移动，而当物体 A 处于小孔上方的半个振动周期时，容器内的气体将通过小孔流出，使物体下沉。以后重复上述过程，只要适当控制注入气体的流量，物体 A 能在玻璃管 B 的小孔上下作简谐振动，振动周期可利用光电计时装置来测得。

若物体偏离平衡位置一个较小距离 x ，则容器内的压力 p 将会变化，物体的运动方程为：

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = \pi r^2 dp \quad (1)$$

因为物体振动过程相当快，所以可以看作绝热过程，绝热方程

$$PV^\gamma = \text{常数} \quad (2)$$

将 (2) 式求导数得出：

$$dp = -\frac{\gamma p dV}{V}, \quad dV = \pi r^2 dx \quad (3)$$

将 (3) 式代入 (1) 式得

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\pi^2 r^4 p \gamma}{mV} dx = 0$$

此式即为熟知的简谐振动方程，它的解为

$$\omega = \sqrt{\frac{\pi^2 r^4 p \gamma}{mV}} = \frac{2\pi}{T}$$

$$\gamma = \frac{4mV}{T^2 p r^4} = \frac{64mV}{T^2 p d^4} \quad (4)$$

式中各量均可方便测得，因而可算出 γ 值。由气体运动论可以知道， γ 值与气体分子的自由度数有关，对单原子气体（如氩）只有三个平均自由度，双原子气体（如氢）除上述 3 个平均自由度外还有 2 个转动自由度。对多原子气体，则具有 3 个转动自由度，比热容比 γ 与自由度 f 的关系为 $\gamma = \frac{f+2}{f}$ 。理论上得出：

单原子气体（Ar, He）	$f=3$	$\gamma = 1.67$
双原子气体（N ₂ , H ₂ , O ₂ ）	$f=5$	$\gamma = 1.40$
多原子气体（CO ₂ , CH ₄ ）	$f=6$	$\gamma = 1.33$

且与温度无关。

本实验装置主要系玻璃制成，且对玻璃管的要求特别高，振动物体的直径仅比玻璃管内径小 0.01mm 左右，因此振动物体表面不允许擦伤。平时它停留在玻璃管的下方（用弹簧托住）。若要将其取出，只需在它振动时，用手指将玻璃管壁上的小孔堵住，稍稍加大气流量物体便会上浮到管子开口处，就可以方便地取出，或将此管由瓶上取下，将球倒出来。

振动周期采用可预置测量次数的数字计时仪，采用重复多次测量。

振动物体直径采用螺旋测微计测出，质量用物理天平称量，烧瓶容积由实验室给出（本实验烧瓶容积 1100mL），大气压力由气压表自行读出，并换算 N/m^2 ($760mmHg = 1.013 \times 10^5 N/m^2$)。

【实验内容】

实验前，先正确连接好线路与气路。气路从气泵出口连接至缓冲瓶，再由缓冲瓶连接至弯头气嘴；如无缓冲瓶，直接连接至弯头气嘴。弯头气嘴要密封连接至气瓶下口。

1. 接通电源，检查光电门位置，应处于玻璃管壁小孔下方位置，同时玻璃管的刻度不可遮挡光路。光路应位于玻璃管的径向中心位置。
2. 调节气泵上气量调节旋钮，和连接至弯头气嘴的气管上装有滚动式细调阀，两者配合调节，可使小球在玻璃管中以小孔为中心上下振动。注意，气流过大或过小会造成钢珠不以玻璃管上小孔为中心的上下振动，因避免因气流过大将小球撞到顶部保护套，而造成实验误差。
3. 打开周期计时装置，默认选择周期模式（周期指示灯亮）。显示次数为上次预置值。可按预置键的左边按键调节十位，右边按键调节个位，数字为循环式调节。
4. 按下执行按钮后，即可自动记录每个周期对应的时间值，以及振动预置周期数所需的时间。
5. 若不计时或不停止计时，可能是光电门位置放置不正确，造成钢珠上下振动时未挡光，或者是外界光线过强，此时须适当挡光。
6. 用螺旋测微计和物理天平分别测出钢珠的直径 d 和质量 m ，为防止钢珠丢失或损坏，也可

由实验给出钢珠的直径和质量。

7. 重复以上步骤五次。

【数据与结果】

1. 求钢珠直径及其不确定度：

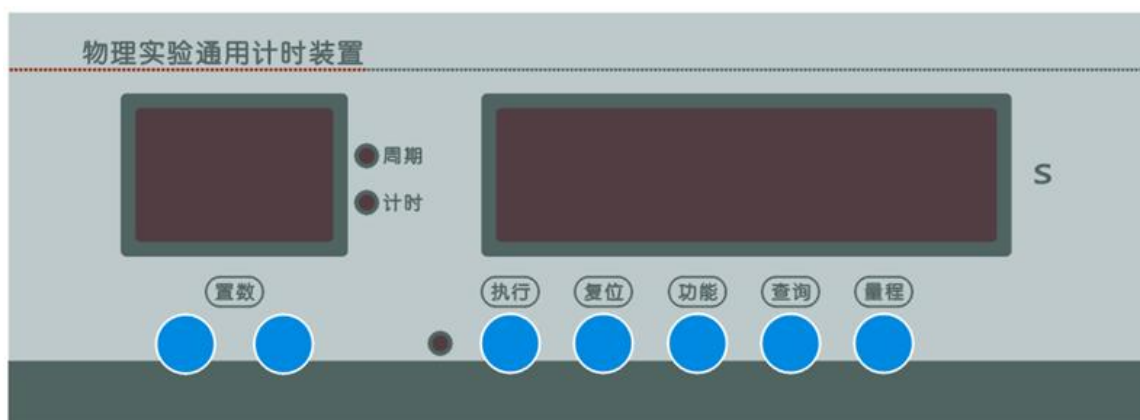
$$\text{平均值: } \bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{5}$$

$$\text{不确定度: } \Delta_d = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{(n-1)}}$$

$$\text{结果: } d \pm \Delta_d \text{ (mm)}$$

2. 在忽略容器体积 V 、大气压 p 测量误差的情况下估算空气的比热容及其不确定度
 $\gamma \pm \Delta\gamma$

【计时器的操作】



1. 计时器有三种工作方式：周期方式 1，计时方式，周期方式 2，具有存贮和查询功能。依次按压功能键可切换工作方式。周期方式 1 是默认模式（周期指示灯亮），两次挡光计数一次；周期方式 2 是一次挡光计数一次（周期指示灯不亮）。本实验使用周期方式 1 测量。
2. 周期方式时，计时范围：0.00s-99.999S，分辨率 0.001s，计数范围 0-99 次。
3. 仪器还具有计数功能，用于对多周期的时间测量；光电门从后面板的 CH1 通道接入。适合于测量单摆、三线摆、气体比热容比等实验。
4. 在周期方式下，按“执行”键，在每个周期结束时，显示并存贮该周期对应的时间值，在预设周期数执行完后，显示并存贮总时间值并退出执行状态。
5. 在周期方式下，逐次按“查询”键（在背面板上），则依次显示出各周期对应的时间值，在最后周期显示出总时间值，在预设周期完后，则停止查询，按量程键可显示总时间除以次数的平均值。短按复位键，可按查询键重新查询。
6. 计时方式时，用于测量两个通道输入信号的时间差，即 CH1 触发计时开始，CH2 触发计时停止。适合于测量气垫导轨实验，自由落体实验等。如果要用单个光电门对某个参数计时，可以选择周期方式，并设置计数个数为 1，光电门接 CH1 通道。
7. 在计时方式下，按量程键，可选择量程为 9.9999s 或 99.999s。

8. 在计时方式下，按“执行”键，在每次结束时，显示并存贮该次对应的时间值，在 20 次后，时间值存贮在第 1 次开始的位置，以此类推，即最多可存贮 20 个时间值。
9. 在计时方式下，逐次按“查询”键，则依次显示出各次对应的时间值，在 20 次后，则停止查询。
10. 在周期方式下最多可存贮 99 个时间值，但第 80 个之后的存贮空间是与计时方式公用，
11. 按“复位”键，除了预设周期值恢复原设置，时间显示清零之外，还有退出查询的功能。记住查询完后一定要按“复位”键退出查询。在查询状态下执行功能无效。
12. 周期方式或计数方式在执行中，均可按“复位”键退出执行。
13. 同时按“复位”和“功能”键五秒钟以上，则存贮的周期值全部清零，只保留预设周期数。
14. 断电后保留已执行的预设周期数，各周期对应的时间值以及总时间值，和计数方式下的时间值。

【思考题】

1. 注入气体量的多少对小球的运动情况有没有影响？
2. 在实际问题中，物体振动过程并不是理想的绝热过程，这时测得的值比实际值大还是小？为什么？

深圳摩世达科技有限公司

地址：深圳市光明区马田街道合水口社区松白路 5055 号

电话：18688924799

网址：www.szmostar.com