

**实验目的**

使用 Rüchardt 方法测量空气的绝热指数
 C_p / C_v 。

概述

实验中，铝活塞在精密制造玻璃管内以管中一定体积的空气形成的空气垫做简谐运动，通过活塞的振荡周期就可以计算绝热指数。

实验步骤

- 测量铝活塞的振荡周期
- 确定封闭容器内空气的平衡压力
- 测量空气的绝热指数并将测量结果和引用文献值进行比较

所需仪器

数量	描述	型号
1	真空泵	U205001
1	机械秒表, 15 min	U40801
1	振荡管	U14328
1	马略特烧瓶	U14327
此外推荐:		
1	F型无液气压计	U29948
1	游标卡尺, 150 mm	U10071
1	电子称, 200 g	U42060

2

基本原理

在 Rüchardt 设计的一个经典实验中，空气绝热指数可以通过活塞在横截面不变的玻璃管中的空气垫上所做的垂直振动来确定。活塞振动自始并形成一个密闭的密封，从平衡位置移开活塞会引起管子内的气体的膨胀或是压缩，从而导致了管内气压大于或是小于大气压力，这就使其再次恢复平衡位置，恢复力正比于偏离平衡位置的距离，这就说明活塞展现为简谐振动。

由于与周围环境没有热量交换，因此振动与绝热状态的变化有关，如下公式即为密封气体的压力 p 和体积 V 的函数关系：

$$(1) \quad p \cdot V^\gamma = \text{const.}$$

绝热指数 γ 即为恒压下的比热容 C_p 和定容下的比热容 C_v 之间的比例：

$$(2) \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

根据公式 (1) 可以推断出如下关于气压和体积的变化 Δp 和 ΔV 之间的关系：

$$(3) \quad \Delta p + \gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot \Delta V = 0.$$

通过取代管子的内在横截面积 A ，恢复力 ΔF 即可通过压力的变化求出，同样，活塞偏离平衡位置的距离亦可从体积的变化求得。

因此，有如下应用：

$$(4) \quad \Delta F = -\gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot A^2 \cdot \Delta s = 0.$$

这样就可以导出振荡活塞的运动方程：

$$(5) \quad m \cdot \frac{d^2 \Delta s}{dt^2} + \gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot A^2 \cdot \Delta s = 0$$

m = 活塞的质量

这一简谐振子的经典运动方程是以如下周期运行的振动：

$$(6) \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot \frac{V}{p} \cdot \frac{m}{A^2}},$$

由此，只要其他所有变量是已知的，绝热指数就可以计算得出。

试验中，质量为 m 的铝活塞在截面积为 A 的精密制造的垂直玻璃管内以管中体积为 V 的空气形成的空气垫上下滑动做简谐运动，这样就可以从活塞的振荡周期来计算绝热指数。

评价

由于玻璃管内平衡气体的摩尔体积 V 很小以至于可以忽略不计，因此有如下公式：

$$\gamma = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \cdot \frac{m \cdot V}{A^2 \cdot p}$$

静止状态下，平衡压力 p 可以从外部空气压力 p_0 和封闭空气上的铝活塞产生的压力获得：

$$p = p_0 + \frac{m \cdot g}{A}, \text{ 其中, } g \text{ 为重力加速度。}$$

由于空气主要是由热能吸收的 5 自由度的双原子分子组成的，

$$\text{因此预期的结果为: } \gamma = \frac{7}{5} = 1.4$$

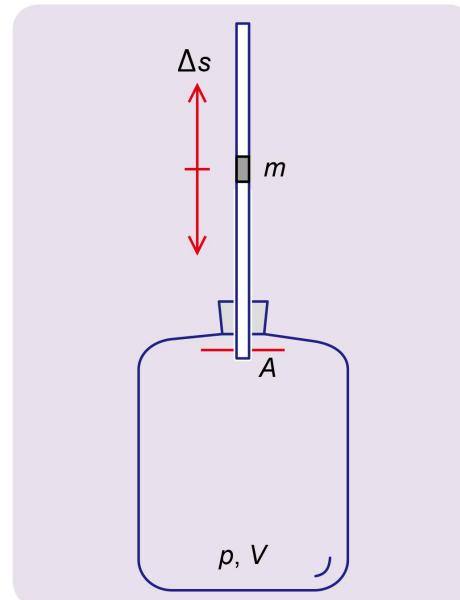


图1：实验装置示意图