# 第二章 2 气体的等温变化

## 问题？

在庆典活动中放飞的气球，会飞到我们看不见的地方。随着气球的升空，大气压在减小，温度在降低，气球在膨胀……看来，一定质量的气体的压强、体积和温度三个状态参量之间是有联系的。那么，它们会有怎样的联系呢？



我们首先研究一种特殊的情况：一定质量的气体，在温度不变的条件下，其压强与体积变化时的关系。我们把这种变化叫作气体的**等温变化**。

## 实验

**探究气体等温变化的规律**

### 实验思路

针对气体的研究，我们可以先选定一个热力学系统，比如一定质量的空气，在温度不变的情况下，测量气体在不同体积时的压强，再分析气体压强与体积的关系。

利用注射器选取一段空气柱为研究对象，如图2.2-1，注射器下端的开口有橡胶套，它和柱塞一起把一段空气柱封闭。在实验过程中，一方面让空气柱内气体的质量不变；另一方面，让空气柱的体积变化不要太快，保证温度不发生明显的变化。



图2.2-1 实验装置

压力表

柱塞

空气柱

橡胶套

### 物理量的测量

需要测量空气柱的体积*V*和空气柱的压强*p*，具体操作如下。

空气柱的长度*l* 可以通过刻度尺读取，空气柱的长度*l*与横截面积*S*的乘积就是它的体积*V*。空气柱的压强*p*可以从与注射器内空气柱相连的压力表读取。

把柱塞缓慢地向下压或向上拉，读取空气柱的长度与压强的几组数据。

### 数据分析

一定质量气体等温变化的压强 *p*与体积*V*的关系，可以用 *p*-*V*图像来呈现。用采集的各组数据在坐标纸上描点，绘制曲线，由于它描述的是温度不变时气体压强与体积的关系，因此称它为等温线。若你绘制的*p*-*V*图像类似于双曲线（图2.2-2），那么，空气柱的压强是否跟体积成反比呢？

我们可以进一步通过图像来检验这个猜想。再以压强*p*为纵坐标，以体积的倒数为横坐标，把采集的各组数据在坐标纸上描点。如果 *p* - 图像中的各点位于过原点的同一条直线上（图2.2-3），就说明压强跟体积的倒数成正比，即压强与体积成反比。如果不在同一条直线上，我们再尝试其他关系。

*O*

*p*

*V*

*T*

图2.2-2 温度不变时压强与体积的关系

*O*

*p*

图2.2-3 检验 *p* 与 的线性关系

英国科学家玻意耳和法国科学家马略特各自通过实验发现，**一定质量的某种气体，在温度不变的情况下，压强*p*与体积*V* 成反比**，即

*p* ∝ （1）

写成公式就是

*pV* ＝ *C* （2）

式中*C*是常量。或者

“*C* 是常量”，意思是当*p*、*V* 变化时 *C* 的值不变。但是对于温度不同、质量不同、种类不同的气体，*C* 的数值一般不同。

*p*1*V*1 ＝ *p*2*V*2

其中 *p*1、*V*1 和*p*2、*V*2 分别表示气体在不同状态下的压强和体积。

（2）式反映了一定质量的某种气体的等温变化规律，我们把它叫作**玻意耳定律**（Boyle law）。

### 做一做

**用传感器探究气体等温变化的规律**

如图 2.2-4，研究对象是注射器中的空气柱。气体压强传感器通过塑料管与注射器相连。由注射器壁上的刻度可以读出气体的体积 *V*；由压强传感器测得的压强值 *p* 在计算机屏幕上可以实时显示。这样就可以获得不同体积时气体压强的数值。由计算机作出气体的 *p*-*V* 图像，就可以判断 *p* 与 *V* 是否具有反比例函数的关系。



图 2.2-4 用传感器探究气体等温变化的规律

气体压强传感器

数据采集器

空气柱

注射器

## 练习与应用

1．在做“探究气体等温变化的规律”的实验中，实验小组记录了一系列数据。但是，仅就以下表中的两组数据来看，小王和小李却有完全不同的看法：小王认为，这两组数据很好地体现了 *p* 跟 *V* 成反比的规律，因为两组数据*p* 和 *V* 的乘积几乎相等；小李却认为，如果把这两组数据在纵坐标轴为 *p*、横坐标轴为 的坐标系中描点，这两点连线的延长线将不经过坐标原点，因此这两组数据没有反映 *p* 跟 *V* 成反比的规律。对此你有什么看法？

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 均匀玻璃管内空气  柱的长度 *l* / cm | 空气柱的压强  *p* / 105 Pa |
| 1 | 39.8 | 1.024 |
| 2 | 40.3 | 0.998 |
| … | … | … |

2．一定质量的气体，不同温度下的等温线是不同的。图2.2-5中的两条等温线，哪条等温线表示的是温度比较高时的情形？请你尝试给出判断，并说明理由。

*p*

*T*1

*T*2

*V*

图 2.2-5

3．一个足球的容积是2.5 L。用打气筒给这个足球打气，每打一次都把体积为125 mL、压强与大气压相同的气体打进足球内。如果在打气前足球就已经是球形并且里面的压强与大气压相同，打了20次后足球内部空气的压强是大气压的多少倍？你在得出结论时考虑到了什么前提？实际打气时的情况能够满足你的前提吗？

4．水银气压计中混入了一个气泡，上升到水银柱的上方，使水银柱上方不再是真空。当实际大气压相当于768 mm高的水银柱产生的压强时，这个水银气压计的读数只有750 mm，此时管中的水银面到管顶的距离为80 mm。当这个气压计的读数为740 mm水银柱时，实际的大气压相当于多高水银柱产生的压强？设温度保持不变。