

# 气体实验定律 (I)

# 复习

## 气体的状态参量

1、温度



热力学温度  $T$ ：开尔文

$$T = t + 273 \text{ K}$$

2、体积



体积  $V$

单位：有L、mL等

3、压强



压强  $p$

单位：Pa（帕斯卡）

# 引入

## 问题

一定质量的气体，它的温度、体积和压强三个量之间变化是相互对应的。我们如何确定三个量之间的关系呢？

# 引入

## 方法研究

### ☆ 控制变量的方法

在物理学中，当需要研究三个物理量之间的关系时，往往采用“保持一个量不变，研究其它两个量之间的关系，然后综合起来得出所要研究的几个量之间的关系”，

# 引入

## 问题

我们在以前的学习中，也曾经采用过“控制变量的方法”来研究三个变量之间的关系：

1、牛顿第二定律 ( $a$ 、 $F$ 、 $m$ )；

2、...

# 引入

## 引言

今天，我们便来研究气体的三个状态参量 $T$ 、 $V$ 、 $p$ 之间的关系。

首先，我们来研究：当温度（ $T$ ）保持不变时，体积（ $V$ ）和压强（ $p$ ）之间的关系。

# 气体的等温变化

---

---

授  
课

## 1、等温变化：

气体在温度不变的状态下，发生的变化叫做等温变化。

## 2、实验研究

## 2、实验研究

---

---

### 实验

#### (1) 实验目的:

在温度保持不变时，研究一定质量气体的压强和体积的关系

#### (2) 实验装置1 实验装置2

#### (3) 实验数据的测量及分析

# 演示实验 (看课本)

## 实验

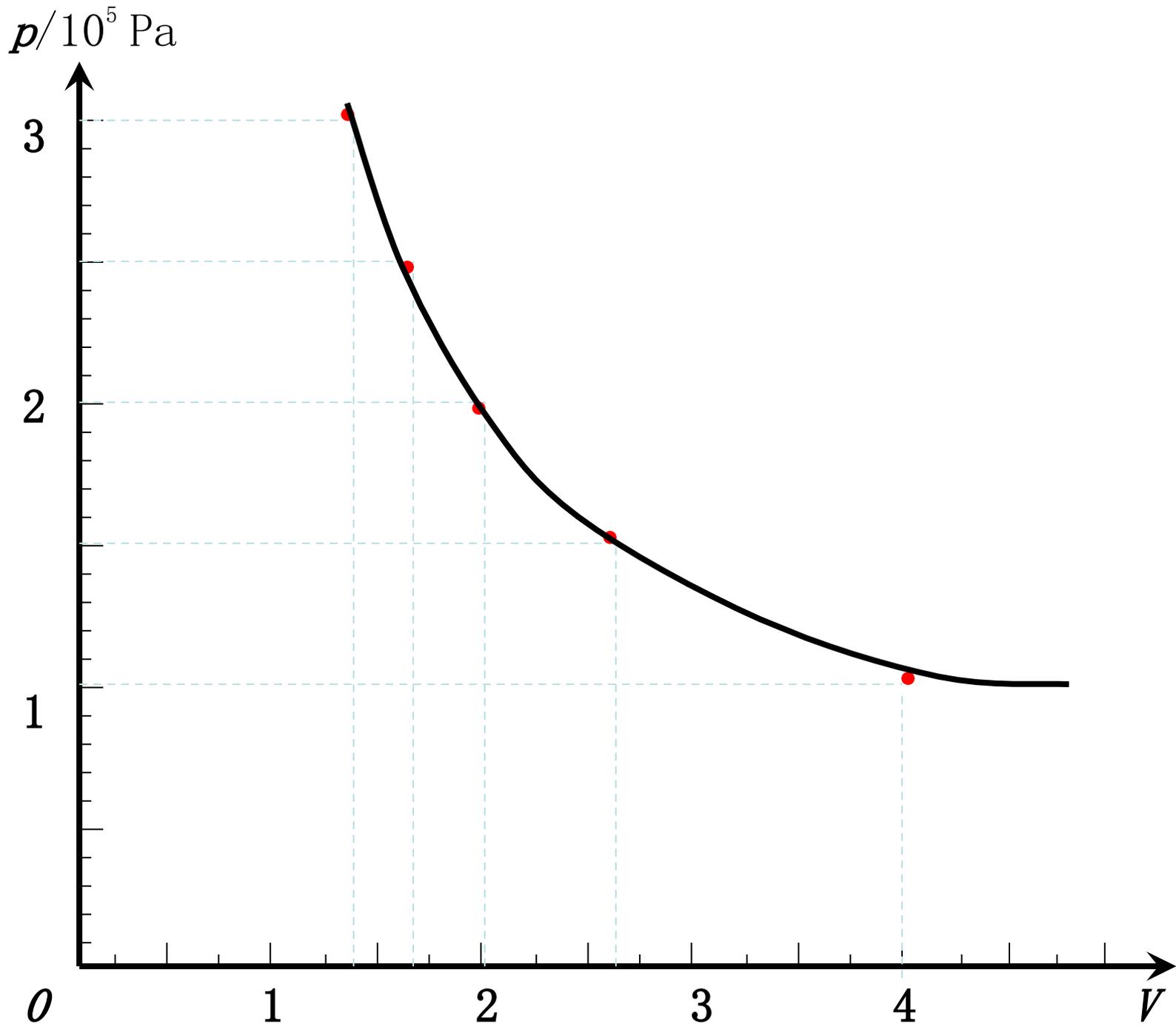
- (1) 研究的是哪一部分气体?
- (2) 怎样保证  $T$  不变?
- (3) 如何改变  $p$ ? ——根据高度差
- (4) 如何测  $V$ ?

## 实验数据的处理

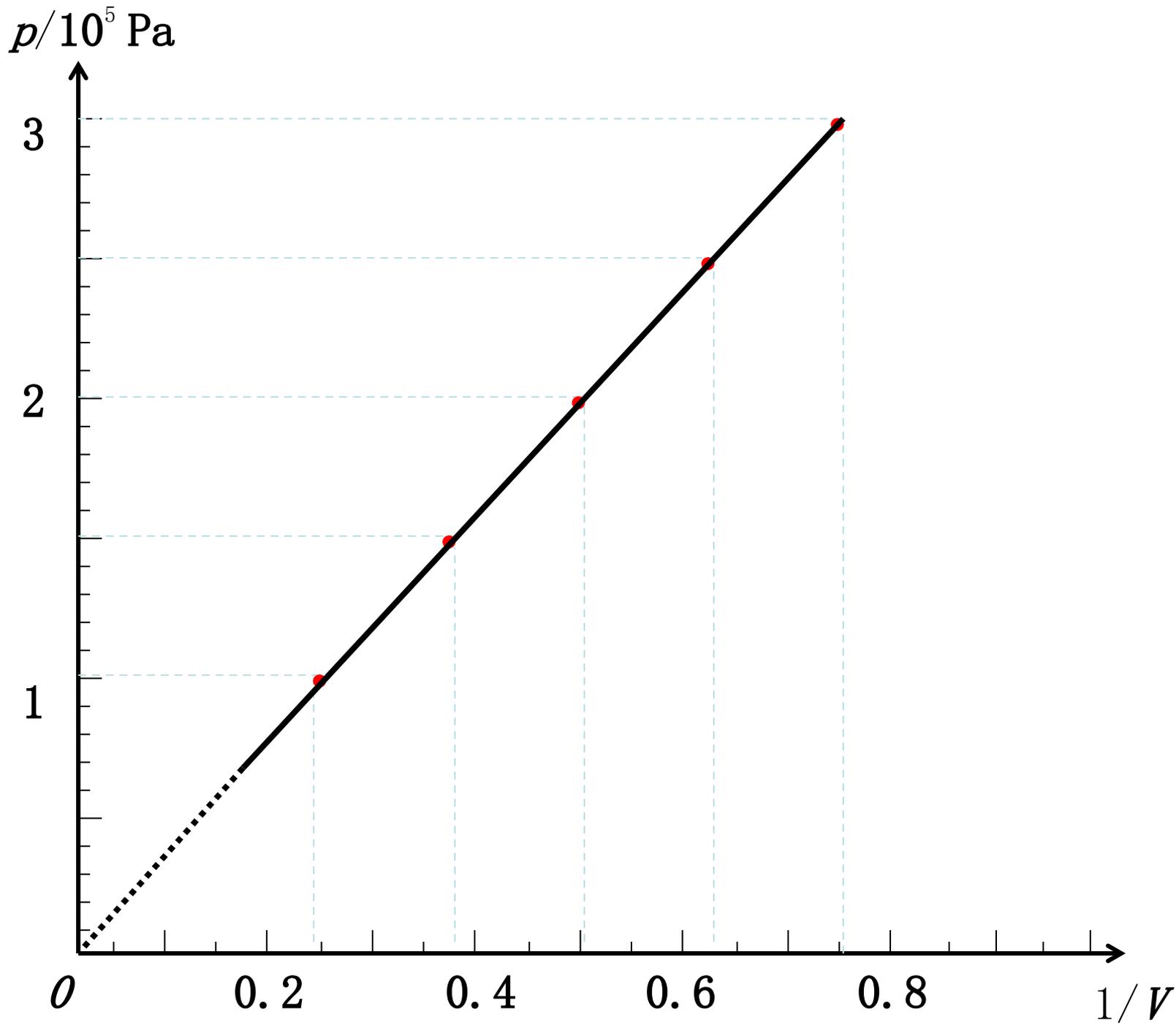
### 实验

次 数	1	2	3	4	5
压强 ( $\times 10^5 \text{Pa}$ )	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
体 积( L )	1.3	1.6	2.0	2.7	4.0

实验



实验



## 实验结论

### 结论

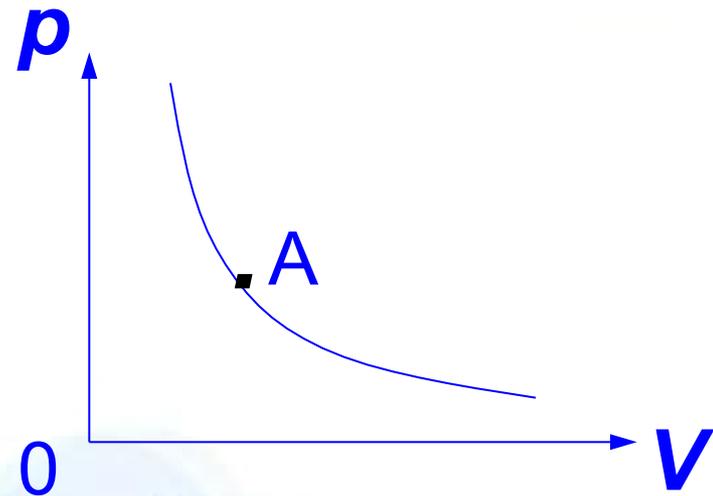
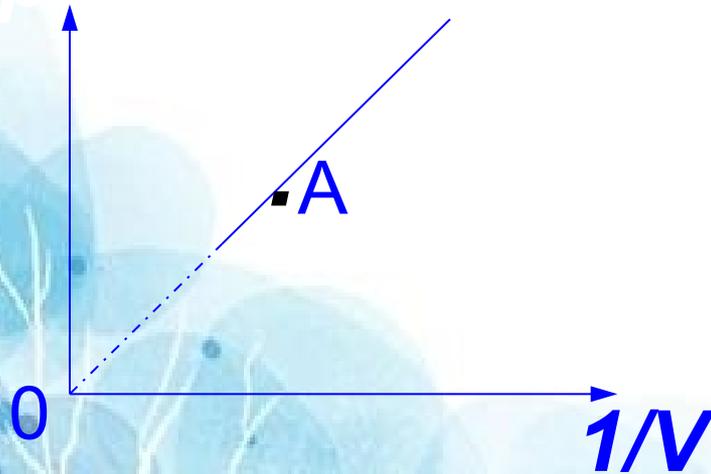
在温度不变时，压强 $p$ 和体积 $V$ 成反比。

# 玻意耳定律

1、文字表述：一定质量某种气体，在温度不变的情况下，压强 $p$ 与体积 $V$ 成反比。

2、公式表述： $pV=\text{常数}$  或  $p_1V_1=p_2V_2$

3、图像表述：



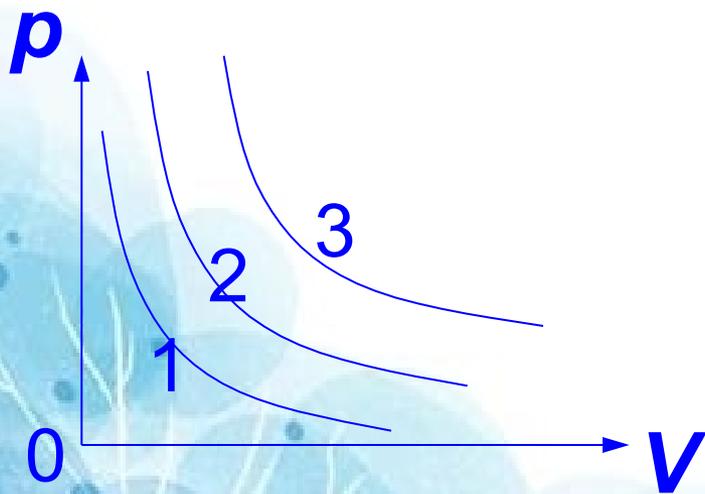
# 说明

## 需要注意的问题

- 研究对象:一定质量的气体
- 适用条件:温度保持不变
- 适用范围: 温度不太低, 压强不太大

## 思考与讨论

同一气体，不同温度下等温线是不同的，你能判断那条等温线是表示温度较高的情形吗？你是根据什么理由作出判断的？



结论： $t_3 > t_2 > t_1$

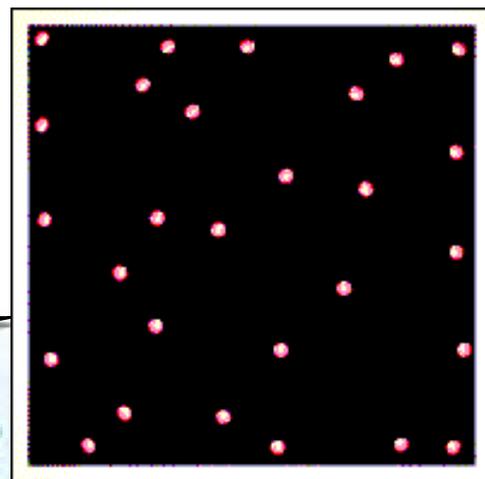
# 热物理学

热学是研究与热现象有关的规律的科学。  
热现象是物质中大量分子无规则运动的集体表现。  
大量分子的无规则运动称为热运动。

## 常见的一些现象：

- 1、一壶水开了，水变成了水蒸气。
- 2、温度降到 $0^{\circ}\text{C}$ 以下，液体的水变成了固体的冰块。
- 3、气体被压缩，产生压强。
- 4、物体被加热，物体的温度升高。

热现象



# 热学的研究方法:

## 1.宏观法.

最基本的实验规律→逻辑推理(运用数学)

-----称为**热力学**。

**优点:** 可靠、普遍。

**缺点:** 未揭示微观本质。

## 2.微观法.

物质的微观结构 + 统计方法 -----称为**统计力学**

其初级理论称为气体分子运动论(气体动理论)

**优点:** 揭示了热现象的微观本质。

**缺点:** 可靠性、普遍性差。

**宏观法与微观法相辅相成。**

# 气体动理论

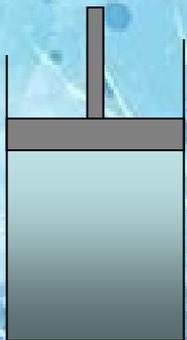
## §1 分子运动的基本概念

### 一.热力学系统

热力学研究的对象---**热力学系统**.

热力学系统以外的物体称为**外界**。

**孤立系统**:系统和外界完全隔绝的系统



例：若汽缸内气体为系统，其它为外界

## 二.系统状态的描述

**微观量：** 分子的质量、速度、动量、能量等。  
在宏观上不能直接进行测量和观察。

**宏观量：** 温度、压强、体积等。  
在宏观上能够直接进行测量和观察。

**宏观量与微观量的关系：**

宏观量与微观量的内在联系表现在大量分子杂乱无章的热运动遵从一定的统计规律性上。在实验中，所测量到的宏观量只是大量分子热运动的统计平均值。

### 三.基本原理:

- 1.自然界中一切物体都是由大量不连续的、彼此间有一定距离的微粒所组成,这种微粒称为分子.
- 2.分子间有相互作用力.
- 3.分子永不停息地作无规则的运动.

## §2 气体的状态参量 平衡态

### 一、体积 $V$

气体分子所能达到的空间范围. [单位:  $\text{m}^3$ ]

### 二、压强 $P$

气体作用于容器壁单位面积的垂直作用力.

[单位: Pa]       $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$

1.  $1\text{mmHg}=133.3\text{Pa}$

2. 标准大气压(atm)

$1\text{atm} = 760\text{mmHg} = 1.013 \times 10^5 \text{Pa}$

### 三、温度 $t, T$

反映系统内部大量分子作无规则剧烈运动程度

#### 1. 摄氏温标( $t$ )

[单位:°C]

#### 2. 热力学温标( $T$ )

[单位:K]

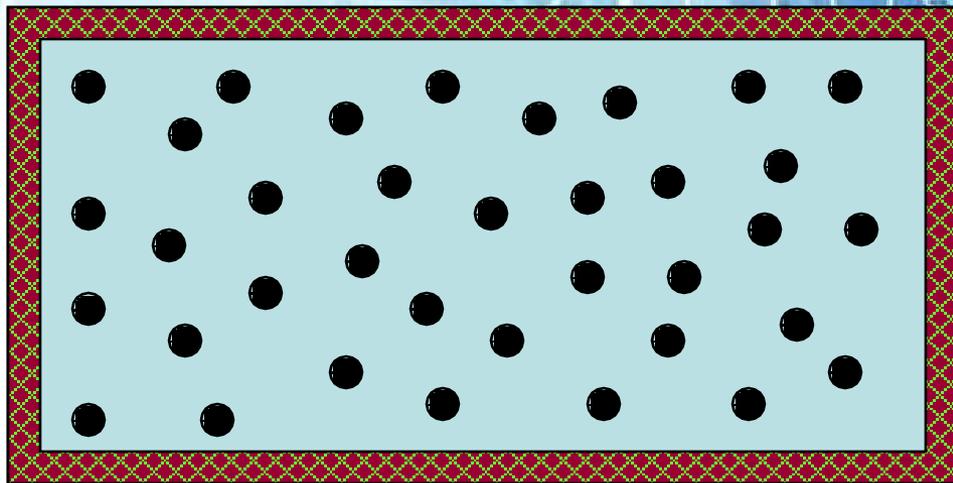
两者换算关系:  $T=273.15+t$

**状态参量:** 表征气体有关特性的物理量

如 $P$ 、 $V$ 、 $T$ 等

## 四.平衡状态

**平衡态：**



在不受外界影响（即系统与外界没有物质和能量的交换）的条件下，无论初始状态如何，系统的宏观性质在经充分长时间后不再发生变化的状态。

**准静态过程：** 如果状态变化过程进行得非常缓慢，以至过程中的每一个中间状态都近似于平衡态，这样的过程称为“**准静态过程**”，又称“**平衡过程**”。

## §3 理想气体物态方程

### 3.1 气体的实验规律

#### 一. 气体定律

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \square = \text{恒量} \quad (\text{质量不变})$$

#### 二. 阿伏伽德罗定律

在相同的温度和压强下,1摩尔的任何气体所占据的体积都相同.在标准状态下,即压强 $P_0=1\text{atm}$ 、温度 $T_0=273.15\text{K}$ 时,1摩尔的任何气体的体积均为 $v_0=22.41\text{L/mol}$

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

## 3.2 理想气体

**理想气体**：在任何情况下都严格遵守“波-马定律”、“盖-吕定律”以及“查理定律”的气体。

## 3.3 理想气体物态方程

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \square = \text{恒量} \quad (\text{质量不变})$$

$$P, V, T \rightarrow P_o, V_o, T_o (\text{标准状态})$$

标准状态:

$$P_o = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_o = 273.15 \text{ K}$$

$$V_o = \frac{M}{M_{mol}} V_{mol} \quad V_{mol} = 22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_o V_o}{T_o} = \frac{M}{M_{mol}} \frac{P_o V_{mol}}{T_o}$$

其中:

$M$  为气体的总质量。

$M_{mol}$  为气体的摩尔质量。

令：
$$R = \frac{P_o V_{mol}}{T_o} = 8.31 \text{ (J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}\text{)}$$

$R$  称为“普适气体常数”

代入：
$$\frac{PV}{T} = \frac{P_o V_o}{T_o} = \frac{M}{M_{mol}} \frac{P_o V_{mol}}{T_o}$$

理想气体物态方程：
$$PV = \frac{M}{M_{mol}} RT$$

阿伏伽德罗常数:  $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

玻耳兹曼常数:  $k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ (J} \cdot \text{K}^{-1}\text{)}$

设: 分子质量为  $m$ , 气体分子数为  $N$ , 分子数密度  $n$ 。

$$M = mN \qquad M_{mol} = mN_A$$

$$PV = \frac{M}{M_{mol}} RT = \frac{mN}{mN_A} \cdot kN_A \cdot T = NkT$$

理想气体物态方程:

$$P = nkT$$

标准状态下的分子数密度:

洛喜密脱数:  $n_0 = 2.69 \times 10^{25} (\text{m}^{-3})$

例3.1;3.2(p107-108)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/025120300312011214>