

## § 5-2 分子热运动和统计规律

**分子热运动：**大量分子做永不停息的无规则运动。

一般气体分子热运动的概念：

- 分子的密度

$3 \times 10^{19}$  个分子/cm<sup>3</sup> = 3千 亿个分子/cm<sup>3</sup> ;

- 分子之间有一定的间隙，有一定的作用力；

- 分子热运动的平均速度约  $v = 500 \text{ m/s}$  ;

- 分子的平均碰撞次数约  $z = 10^{10}$  次/秒。

- 布朗运动是杂乱运动的流体分子碰撞悬浮其中的微粒引起的。

# 1.分子热运动的基本特征

分子热运动的本质是**永恒的运动与频繁的相互碰撞**。它与机械运动有本质的区别，故不能简单应用力学定律来解决分子热运动问题。

## (1)无序性

某个分子的运动，是杂乱无章的，无序的；各个分子之间的运动也不相同，即无序性；这正是热运动与机械运动的本质区别。

## **(2)统计性**

**但从大量分子的整体角度看，存在一定的统计规律，即统计性。**

**例如：**

**在平衡态下，气体分子的空间分布（密度）是均匀的。（分子运动是永恒的）**

**可作假设：气体分子向各个方向运动的机会是均等的，或者说沿各个方向运动的平均分子数应相等且分子速度在各个方向的分量的统计平均值也相等。**

**对大量分子体系的热平衡态，它是成立的。**

**宏观量：**表征大量分子的整体特征的量。如温度、压强、热容等，是实验中能测得的量。

**微观量：**表征大量分子的整体中个别分子特征的物理量。如某个分子的质量、速度、能量等，在现代实验条件下是不能直接测得的量。

### **(3)统计方法**

分子热运动具有无序性与统计性，与机械运动有本质的区别，故不能简单应用力学定律来解决分子热运动问题。必须兼顾两种特征，应用统计方法。

## **统计方法：**

**气体动理论中，求出大量分子的某些微观量的统计平均值，用它来解释实验中测得的宏观量，故可从实测的宏观量了解个别分子的真实性质。**

**统计方法同时伴随着起伏现象。**

**如对气体中某体积内的质量密度的多次测量，各次测量对平均值都有微小的偏差。当气体分子数很大时，起伏极微小，完全可忽略；当气体分子数较小时，起伏将与平均值可比拟，不可忽略。故统计规律只适用于大量分子的整体。**

## 2.分布函数和平均值

**偶然事件：**大量出现不可预测的事件。多次重复观察同样的事件，可获得该偶然事件的分布，从而得到其统计规律。

**例1：**统计合工大各年龄人数的分布情况，可用下列方法。

$N_i$  表示合工大有 $i$ 岁的人数，称分布数。

$N = \sum N_i$  表示合工大总人数

$f_i = N_i/N$ , 归一化的分布数, 表示具有 $i$ 岁的人数  
占总人数的百分比

$\sum f_i = \sum (N_i/N) = 1$ , 归一化条件

**例:** 我们以人的身高为例, 来引入分布函数的概念。

设  $N$  为总人数,  $dN(h)$  为身高在  $h \rightarrow h+dh$  间的人数。显然

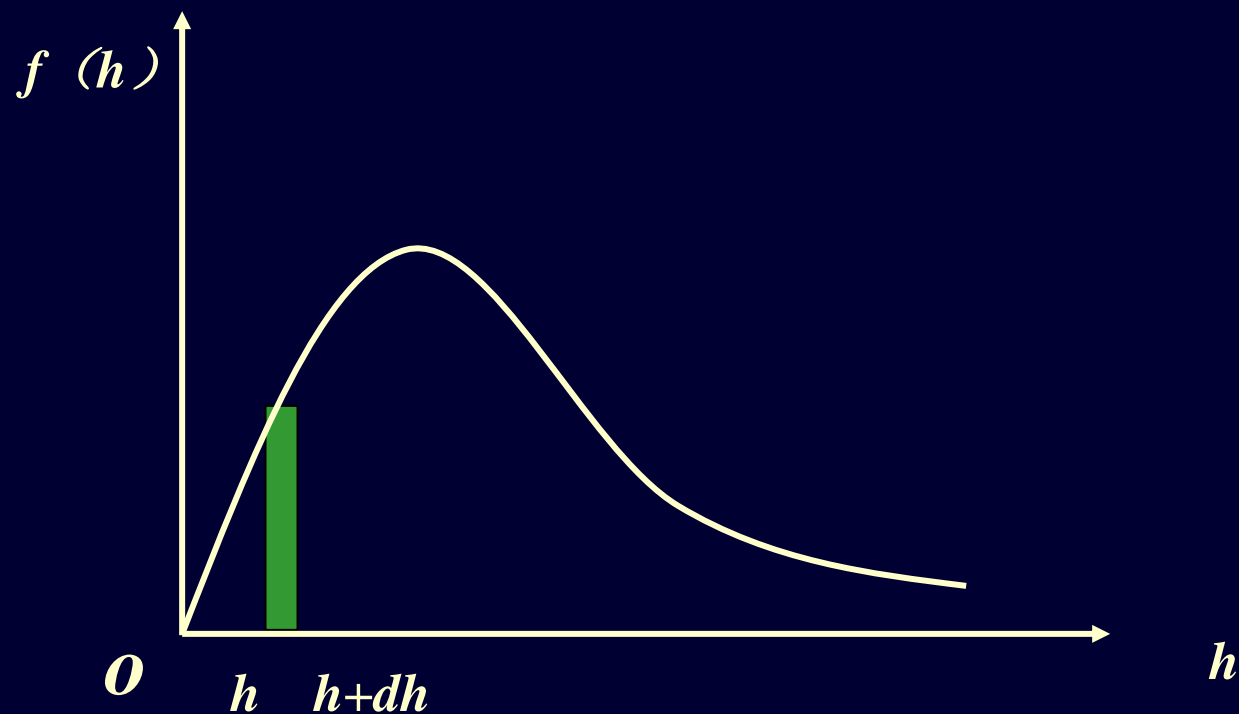
$$\int dN(h) = N$$

令  $f(h) = dN(h) / Ndh$ , 则

$$\int f(h)dh = 1$$

我们把  $f(h)$  称为归一化分布函数。

$f(h)$  表征在单位高度内, 身高为  $h$  的人数占总人数的比率。



**$N$  个人的平均身高为**

$$\overline{h} = \frac{\int h dN(h)}{N} = \frac{\int h f(h) N dh}{N} = \int h f(h) dh$$



推广至任一变量（物理量） $x$  有

$$\bar{x} = \int x f(x) dx$$

对具有统计性的系统来讲，总存在着确定的分布函数 $f(x)$ ，因此，写出分布函数 $f(x)$ 是研究一个系统的关键之处，具有普遍的意义。