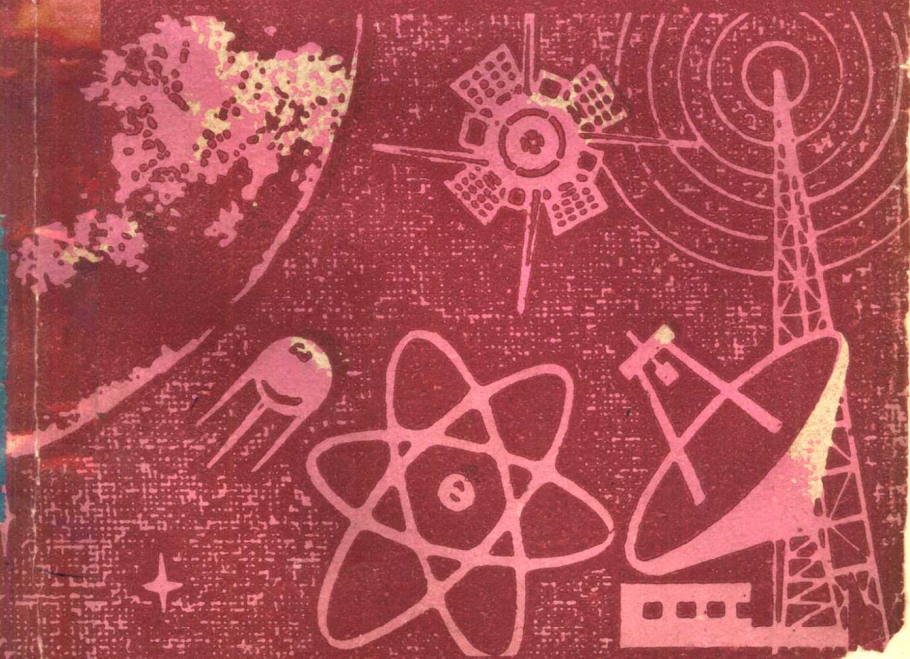


# 力学基础知识

王义民 编著

(上)



# 力学基础知识

(上)

王义民 编著

安徽人民出版社

# 力学基础知识

(上)

王义民 编著

\*

安徽人民出版社出版

安徽省新华书店发行

铜陵市印刷厂印刷

\*

开本 $787 \times 1092$  1/32 印张8 字数173,000

1979年3月第1版 1979年3月第1次印刷

印数1—200,000

统一书号13102 38 定价0.57元

# 目 录

## 第一章 绪 论

|                  |     |
|------------------|-----|
| §1 物质和运动 .....   | (1) |
| §2 物理量及其量度 ..... | (3) |
| §3 有效数字和误差 ..... | (8) |

## 第二章 匀速直线运动

|                      |      |
|----------------------|------|
| §1 机械运动 .....        | (18) |
| §2 物体的平动和转动 .....    | (20) |
| §3 质点的运动 .....       | (23) |
| §4 运动的速度 .....       | (24) |
| §5 匀速直线运动的路程公式 ..... | (27) |
| §6 路程图线和速度图线 .....   | (33) |
| §7 速度的合成 .....       | (41) |
| §8 速度的分解 .....       | (51) |

## 第三章 变速直线运动

|                    |      |
|--------------------|------|
| §1 平均速度和瞬时速度 ..... | (55) |
| §2 加速度 .....       | (61) |
| §3 速度公式和路程公式 ..... | (65) |
| §4 速度图线 .....      | (75) |

|    |                    |      |
|----|--------------------|------|
| §5 | 自由落体运动·····        | (84) |
| §6 | 竖直下抛运动和竖直上抛运动····· | (91) |

#### 第四章 牛顿第一运动定律

|    |                |       |
|----|----------------|-------|
| §1 | 牛顿第一运动定律·····  | (101) |
| §2 | 重力·····        | (105) |
| §3 | 弹力·····        | (111) |
| §4 | 摩擦力·····       | (115) |
| §5 | 力的合成·····      | (121) |
| §6 | 力的分解·····      | (130) |
| §7 | 力的正交分解和合成····· | (139) |

#### 第五章 牛顿第二运动定律

|    |                  |       |
|----|------------------|-------|
| §1 | 牛顿第二运动定律·····    | (143) |
| §2 | 力学单位制·····       | (147) |
| §3 | 质量和重量的联系和区别····· | (152) |
| §4 | 牛顿第二运动定律的应用····· | (157) |

#### 第六章 牛顿第三运动定律

|    |                 |       |
|----|-----------------|-------|
| §1 | 牛顿第三运动定律·····   | (168) |
| §2 | 经典力学的适用范围·····  | (189) |
| §3 | 动量和冲量 动量原理····· | (191) |
| §4 | 动量守恒定律·····     | (199) |

#### 第七章 物体的平衡

|    |             |       |
|----|-------------|-------|
| §1 | 共点力的平衡····· | (210) |
|----|-------------|-------|

|    |                  |       |
|----|------------------|-------|
| §2 | 力矩及其平衡 .....     | (217) |
| §3 | 平行力的平衡条件 .....   | (225) |
| §4 | 重心和稳度 .....      | (234) |
| §5 | 一般平面力的平衡条件 ..... | (244) |

# 第一章 绪 论

## §1 物质和运动

我们周围的世界是一个物质世界。空气、水、土地、动物、植物、机器等都是物质，就是连肉眼看不见的分子、原子、无线电波等也都是物质。物质的形态尽管千差万别，但是它们都是不依赖人的主观意识而独立存在的。客观世界——整个自然界正是由这许多不同形态的物质所组成的。

正因为物质是客观存在的实体，所以它们能直接或间接（通过仪器设备）作用于人的感觉器官而引起我们的感觉。伟大导师列宁说：“物质是作用于我们的感官而引起感觉的东西；物质是我们感觉到的客观实在”。

自然界的物质总是处于不断地变化和运动之中。例如，地球不停地在自转，同时围绕太阳公转，而太阳连同围绕它旋转的整个行星系（水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星），一起在宇宙空间运行；地面上的物体除了随地球一起运动外，还经常改变它在地面上的位置和状态；一个即使静止不动的物体，其分子和原子也在不停地作热运动；深入到原子内部，电子又不停地围绕原子核旋转，而电子和原子核本身，不但有复杂的结构，而且具有特定的运动状态。由此可见，物质和运动是不可分离的，运动是物质的存在形式，是物质的固有属性。物质和运动不能够

彼此分离开来而单独存在，谁如果说存在着没有运动的物质或没有物质的运动，则是非常荒谬的。世界上除了运动的物质以外什么也没有，所以从这个意义上说，运动是绝对的。

物质的运动形式是多种多样的，有机械运动、分子热运动、电磁运动、原子内部的运动，还有化学运动(即化学变化)、生命运动(新陈代谢)，等等。人类认识物质，就是认识物质的这些运动形式。物质的这些运动形式，一方面有它本身所固有的内在规律性，另一方面这些运动形式相互之间有着密切的联系，并且在一定条件下会相互转化。例如，比较简单的运动形式(机械运动、分子热运动等)往往存在于比较高级、比较复杂的运动形式(化学变化、生命过程)中；而运动形式之间的相互转化则更为常见：摩擦发热，就是从机械运动转化为热运动；火力发电，就是从化学运动转化为热运动而后转化为电运动；各种用电器具，电动机、电炉、电灯等，则是把电运动转化为机械运动、热或光。可见，物质的运动，和物质本身一样，既不能创造，也不能消灭，只能依据一定的条件从一种形式转化为另一种形式。

物理学所研究的是物质运动中最基本最普遍的形态，包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核内部的运动。在这些最基本最普遍的运动形式中，机械运动又是最简单的。研究机械运动的规律性则属于力学的任务，也就是本书所要讨论的对象。

## 习 题

### 1-1 动植物死亡之后是否还在运动？

1-2 试举出一两个有关运动形式转化的实例。

## §2 物理量及其量度

为了研究物质运动的规律，我们必须引入一些量来描写物质的性质和运动的特征。在物理学中，凡是能够定量地反映物质的性质或物质运动的特征的那些量，称为**物理量**。可见，物理量是有大小和单位的。

物理量的种类非常多，例如长度、质量、时间、温度、速度、加速度、力、能量、功、电流、电阻、电压，等等。我们学习物理学，必须清楚地了解这些物理量的意义和概念，了解有关的各个物理量之间的相互关系，即掌握物理原理、定律和公式。要做到：不但会利用这些原理、公式去解书本上的习题，而且要求在以后的学习和生产实践中会应用这些物理知识。

物理量既然非常多，怎么样去量度它们呢？所谓量度，就是对物理量先规定一个量度标准，即先规定这个物理量的**标准单位**，然后把待测的量跟这个量度标准进行比较，看它是标准单位的多少倍。事物之间是相互联系的，物理量之间也是互相联系在一起的，它们之间的联系可以通过各种公式表示出来。因此，我们只需要在这许多物理量中，对少数几个量定出它们各自的量度标准，即规定出它们彼此无关的标准单位。被规定的这几个量称为**基本量**，规定出的标准单位称为**基本单位**。其它一些物理量的量度单位，则可根据基本单位，通过一定的公式推导出来。由基本量的基本单位导出其量度单位的那些物理量，称为**衍生量**或**导出量**，而推导出来

的量度单位则称为**导出单位**。

在现今各国通用的国际单位制(代号为SI制)中,作为基本量的有七个物理量,它们是:**长度、质量、时间、电流、温度、光强和物质的量**。其它的物理量统统是由这七个基本量衍生出来的。本书只用到**长度、质量和时间**三个基本量,它们的标准单位规定为**米、公斤和秒**。下面简要介绍这三个基本量的标准单位是怎样规定的。

## 一、长 度

大家知道,两点之间的距离叫做长度。为了量度任意两点之间的距离,必须规定出一个量度长度的标准。国际度量衡大会制定了一个量度长度的标准原器,叫做**国际米原器**。它是用含铂90%、含铱10%的铂铱合金做的。这种合金的热膨胀系数很小,即热稳定性能很好。长度原器的外形如图1—1所示,它的截面呈X形,在它的凹槽的两端各刻有一条短线,与棒长垂直。大会规定,在摄氏零度的温度下,这两条平行短线之间的距离为1米。(1971年国际计

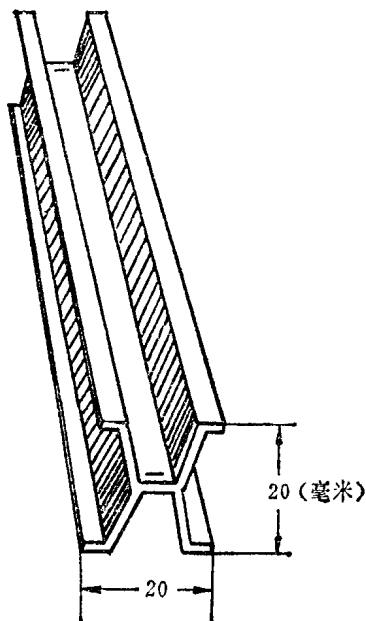


图 1—1

量局公布了1米的新标准：在氪-86原子中，当电子在 $2P_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁时，此原子所放出的光波在真空中的波长的1650763.73倍规定为1米）很多国家都有国际米原器的复制品，工厂生产的各种米尺都是根据量度长度的这一标准制造出来的。

在工农业生产中还经常应用米的倍数单位：公里、厘米、毫米作为长度的单位，它们和米的关系是：

$$1 \text{ 公里} = 1000 \text{ 米},$$

$$1 \text{ 米} = 100 \text{ 厘米},$$

$$1 \text{ 米} = 1000 \text{ 毫米}.$$

## 二、质 量

一个物体所包含的物质的多少称为这个物质的质量。为了比较各个物体所包含的物质多少的不同，国际上制造了一个质量原器作为量度质量的标准。此原器也是铂铱合金做的，是一个直径和高度等于39毫米的圆柱体；人们规定这个原器的质量是1公斤（或称千克），以此作为质量的标准单位。在工农业生产中还经常应用公斤的倍数单位：吨、克、毫克作质量的单位，它们和公斤的关系是：

$$1 \text{ 吨} = 1000 \text{ 公斤},$$

$$1 \text{ 公斤} = 1000 \text{ 克},$$

$$1 \text{ 克} = 1000 \text{ 毫克}.$$

## 三、时 间

大家知道，时间的标准单位是秒。秒是怎样规定出来的呢？

我们把地球绕太阳公转一周所用的时间称为一太阳年。地球相对于太阳绕地球自身的轴线自转一周的时间，称为一太阳日。因为地球绕太阳公转的轨道是一个椭圆，所以一年中各个太阳日的长短稍有不同。我们把一年中各个太阳日的平均长短作为量度时间的标准，称为平均太阳日。取一个平均太阳日的  $\frac{1}{24 \times 60 \times 60} = \frac{1}{86400}$  定为 1 秒，秒就是量度时间的基本单位。

在绝大多数情况下，秒的上述规定已是足够准确了，但在某些特殊领域却需要用“原子钟”来量度时间。（在“原子钟”中，1秒钟定义为铯-133原子的内部二基态能级之间跃迁辐射周期的9192631770倍）。

在生产实践和日常生活中还常用秒的几种倍数单位：小时、分、毫秒和微秒等，它们和秒的换算关系是：

$$1 \text{ 小时} = 3600 \text{ 秒},$$

$$1 \text{ 分钟} = 60 \text{ 秒},$$

$$1 \text{ 毫秒} = 10^{-3} \text{ 秒},$$

$$1 \text{ 微秒} = 10^{-6} \text{ 秒}.$$

在表1—1中列出了长度、质量和时间的一些比较数据，供大家参考。

表I—1

| 长 度 (米)                     | 质 量 (公斤)               | 时 间 (秒)                         |
|-----------------------------|------------------------|---------------------------------|
| 地球与最远星系之间的距离 $10^{25}$      | 太阳的质量 $10^{30}$        | 地球的年龄 $10^{19}$                 |
| 地球与最近星系(仙女座)之间的距离 $10^{23}$ | 地球的质量 $10^{24}$        | 地球上发现有生命存在的时间 $10^{17}$         |
| 我们所处的银河系的直径 $10^{18}$       | 月球的质量 $10^{22}$        | 人类的年龄 $10^{13}$                 |
| 一光年(光在一年内通过的路程) $10^{16}$   | 海水的总量 $10^{21}$        | 人的平均寿命 $10^9$                   |
| 太阳系的直径 $10^{14}$            | 海水中的氘(重氢)的含量 $10^{16}$ | 一年 $10^7$                       |
| 地球到太阳的距离 $10^{11}$          | 1立方米水的质量 $10^3$        | 一天 $8.64 \times 10^4$           |
| 太阳的直径 $10^9$                | 1升水的质量 $10^0$          | 心脏跳动一次的时间 $10^0$                |
| 地球的直径 $10^7$                | 1颗大米的质量 $10^{-4}$      | 琴弦振动一次的时间 $10^{-3}$             |
| 合肥到北京的距离 $10^8$             | 蜜蜂的翅膀 $10^{-5}$        | $\mu$ 介子的寿命 $10^{-6}$           |
| 珠穆朗玛峰的高度 $8.848 \cdot 10^3$ | 喷雾器喷出的雾滴 $10^{-6}$     | 受激原子在发光之前的寿命 $10^{-10}$         |
| 三十层楼房的高度 $10^2$             | 染色体分子的质量 $10^{-15}$    | 在氢原子中电子绕原子核(质子)转动的周期 $10^{-16}$ |
| 米尺的长度 $10^0$                | 铀原子的质量 $10^{-25}$      | 在原子核内部中子和质子的转动周期 $10^{-21}$     |
| 头发的直径 $10^{-4}$             | 质子的质量 $10^{-27}$       | 光通过基本粒子的时间 $10^{-23}$           |
| 红血球的直径 $10^{-5}$            | 电子的质量 $10^{-30}$       |                                 |
| 光波的波长 $10^{-7}$             |                        |                                 |
| 高分子的大小 $10^{-8}$            |                        |                                 |
| 氢原子的大小 $10^{-10}$           |                        |                                 |
| 铀原子核的大小 $10^{-13}$          |                        |                                 |
| 基本粒子的大小 $10^{-15}$          |                        |                                 |

说明：本表中的数据，只代表该量的数量级。所谓数量级，就是10的幂次。

## 习 题

- 1-3 如果用铜来做长度原器行不行？
- 1-4 列举出你已经知道的物理量的名称，它们当中哪些是基本量？哪些是导出量？
- 1-5 一太阳年有365个太阳日，应等于多少秒？
- 1-6 已知1毫秒 $=10^3$ 微秒，问1小时等于多少毫秒？多少微秒？
- 1-7 已知1公里 $=2$ 里，问55里等于多少米？
- 1-8 0.0872公里等于多少毫米？
- 1-9 已知1公斤 $=2$ 斤，问86斤等于多少克？  
又1斤 $=10$ 两，问8600克等于多少两？
- 1-10 太阳的质量是 $2.0 \times 10^{27}$ 吨，地球的质量是 $6.0 \times 10^{27}$ 克，问太阳的质量是地球质量的多少倍？
- 1-11 地球到太阳的距离是一亿五千万公里，太阳的直径是 $1.39 \times 10^{11}$ 厘米，二者相差多少倍？
- 1-12 太阳的体积是地球体积的多少倍？（地球的半径取为6400公里。）

## §3 有效数字和误差

### 一、什么是有效数字

我们用一根有毫米刻度的米尺来量度物体的长度，如图1—2所示。大家可以读出此物体的长度 $a=74.4$ 毫米，有人

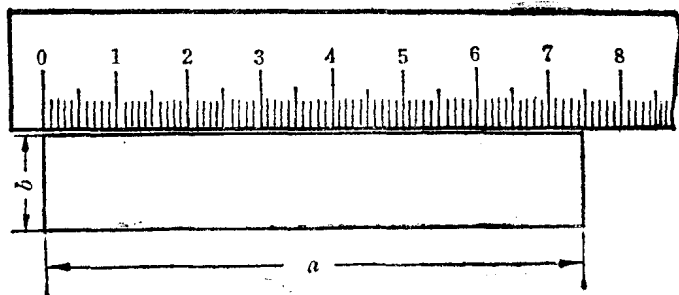


图 1—2

会读出  $a=74.5$  毫米或者其它稍许不同的数值。但在这三位数字中，不管对第三位数可能会有怎样不同的读数，对前两位数(74)大家的读数却是一致的。这里我们把这个长度的前两位数认为是可靠的，称它们为**可靠数字**；而第三位数因为是估计出来的，是不可靠的，称为**可疑数字**。既然在这个长度测量中， $a$  的第三位数已属可疑，那么，如果有人认为  $a$  应该等于  $74.45$  毫米，则增加的第四位数(0.05毫米)仍然是估计值，并没有提高长度  $a$  的测量精确度，因而也是不必要的。这样，我们可以说，长度  $a$  的测量结果取为  $74.4$  毫米或  $74.5$  毫米已足够准确了。

可见，任何一个测量值中都包含两种数字：一种是可靠数字，一种是可疑数字，而可疑数字就是测量值的最末尾一位数，其余前面的数字都是可靠数字。可靠数字和可疑数字(末尾的一位)统称**有效数字**。如果我们再用米尺量度此物体的宽度  $b$ ，得到测量值为  $10.2$  毫米，于是知道  $10$  毫米是可靠数字，末尾的“2”是可疑数字。因此，这个物体的长度  $a$  和宽度  $b$  的有效数字都是三位。

如果我们用游标尺(图1—3)来量度  $a$ ，由于游标尺的精确度可达0.1毫米（即利用游标的作用可以直接读出0.1毫米的数值），因而得到测量值为  $a=74.43$  毫米；在这个测量值中，74.4是从游标尺上直接读出来的，是可靠数字，而末尾的“3”是估计出来的，是可疑数字。

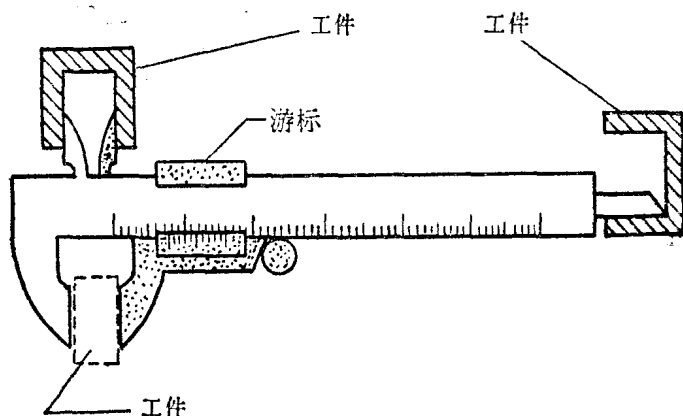


图 1—3

以上讨论告诉我们，测量值中小数点后的位数是不能任意加的。用米尺量度长度，并且以毫米作单位，则测量值小数点后只应取一位；用游标尺量度长度，小数点后可以取两位。如果有人肯定地说，他测得  $a$  的值是  $a=74.429$  毫米，那么，我们可以断定他使用的测量工具不是米尺或游标尺，而是更精确的测长工具螺旋测微计(图1—4)。因为只有螺旋测微计才能直接测出 0.01 毫米的长度；所以在其测量值中，74.42是直接读出的可靠数字，而 0.009 是他估计的可疑数字。

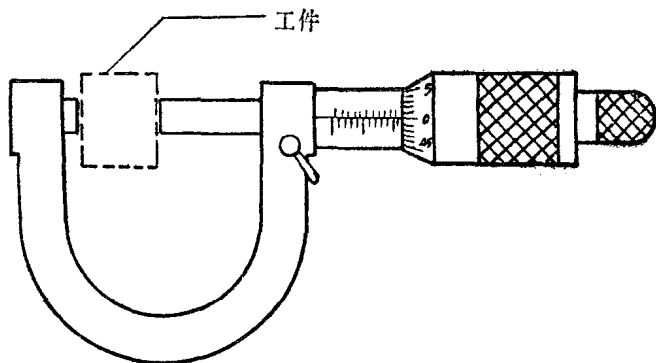


图 1—4

**例 1** 某同学用米尺测量方桌的边长，得到测量值为 782.48 毫米，对不对？

**解** 不对，因为米尺只能准确到 1 毫米，在他的测量值中，0.4 毫米已属可疑值，则小数点后又多写一位（0.08 毫米）是不必要的。正确的测量值应该是 782.5 毫米。

**例 2** 某同学测量圆棒的直径，得到的测量值为 9.80 毫米，问他用的是什测量工具？

**解** 是游标尺。

**例 3** 某同学用螺旋测微计测量上例中的圆棒，他把测量结果写成 9.8 毫米，对不对？应该怎样写？有效数字是几位？

**解** 不应该写成 9.8 毫米，应该写成 9.800 毫米。因为用螺旋测微计测量时，可以准确地读出 0.01 毫米；这样，9.80 毫米是直接读出的可靠数字，而后在末尾再加一位可疑数字（即估计值 0.000），组成最后的测量值为  $9.80 + 0.000 = 9.800$  毫米。有效数字是四位。

**例 4** 某物体的长度的测量值为 30.60 毫米，试用厘米和