

物 理

(文化补习试用教材)

上 册

北京大学物理系普通物理教研室

一九七三年九月

目 录

第一部分 力 学

第一章 速度和加速度	2
§ 1. 匀速直线运动 速度	2
§ 2. 变速直线运动 平均速度和瞬时速度	3
§ 3. 匀变速直线运动 加速度	5
§ 4. 一般变速直线运动 平均加速度和瞬时加速度	12
第二章 运动和力	14
§ 1. 力是物体间的相互作用	14
§ 2. 几种常见的力	17
§ 3. 力的合成和分解	22
§ 4. 牛顿第一定律 物体的惯性	27
§ 5. 牛顿第二定律 质量	29
§ 6. 力学单位制	33
§ 7. 牛顿定律的运用举例	35
§ 8. 动量 动量守恒定律	39
§ 9. 匀速圆周运动	46
* § 10. 流体中的静力平衡	52
附一: 惯性参照系	57
附二: 关于力学基本规律的若干历史材料	58
第三章 功和能	61
§ 1. 功和功率	61
§ 2. 机械能	66
§ 3. 机械能守恒定律	72

第二部分 热 学

第四章 温度和热量	80
§ 1. 温度	80

§ 2. 热量 比热	81
§ 3. 热量传递的三种方式	85
第五章 分子运动论的基本概念 热力学第一定律	89
§ 1. 分子运动论的基本概念	89
§ 2. 热运动的能量——内能 热功当量	94
§ 3. 热力学第一定律	96
第六章 气体	99
§ 1. 气体的微观结构	99
§ 2. 气体的实验定律	101
§ 3. 理想气体的状态方程	107
* § 4. 气体定律的若干应用	112
第七章 固体和液体	115
§ 1. 固体和液体的结构	115
§ 2. 固体的弹性	119
§ 3. 表面张力和毛细现象	125
§ 4. 热膨胀	132
第八章 物态的变化	137
§ 1. 固液相变	137
§ 2. 气液相变	143
§ 3. 升华	152
* § 4. 三相图和三相点	153
附三: 希腊字母读音表	155

第一部分 力 学

自然界是由各种物质组成的，一切物质都在不停地运动着。在物质的形形色色、千变万化的运动中，有一类是我们在生产和生活中经常遇到的，这就是物体位置的变动（包括物体各部分相对位置的变动），例如，各种交通工具的行驶、各种机器的运转、物料在管道中的输送、人造地球卫星的运行等等。这类运动叫做机械运动。力学的研究对象就是机械运动的客观规律。

“自然界存在着许多的运动形式，机械运动、发声、发光、发热、电流、化分、化合等都是。”机械运动是这些运动形式中最简单、最基本的一种，但是在其他各种较复杂、高级的运动形式中却无不包含或伴随着机械运动。正象恩格斯所说：“一切运动都是和某种位置移动相联系的，不论这是天体的、地上物体的、分子的、原子的……位置移动。……位置移动决不能把有关的运动的性质包括无遗，但是也不能和运动分开。”因此，力学知识在工农业生产中有广泛的应用，并且是研究其他自然科学以及学习物理课后继部分的基础。

第一章 速度和加速度

- § 1. 匀速直线运动 速度
- § 2. 变速直线运动 平均速度和瞬时速度
- § 3. 匀变速直线运动 加速度
- § 4. 一般变速直线运动 平均加速和瞬时加速度

§ 1. 匀速直线运动 速度

一、速度的定义

在生产和科研实践中，运动的快慢是个重要问题。例如，火车、飞机等交通工具运行的快慢，是它们工作效能的重要标志；在化工生产中，物料在管道中输送的快慢，直接影响着产品的数量和质量。在生活中，经常用“速度”这个名词来表示物体运动的快慢程度，“速度”大就表示物体运动快，“速度”小就表示物体运动慢，这对于我们每个人都是清楚的。但是，要分析和解决实际中提出的各种问题，对于速度的概念，只停留在这种定性意义上的了解是不够的，我们还需要进一步对速度的概念建立起确切的、数量的定义。

物体沿着直线运动，如果它的快慢始终不变，这种运动就叫做匀速直线运动。比较两个作匀速直线运动的物体，如果说甲比乙快，不外乎两种含意：一种是说通过相同的路程，甲比乙用的时间短；另一种是说在相同的时间内，甲比乙通过的路程长。可见，运动的快慢程度跟路程和时间这两个因素有关。在匀速直线运动中，任意一段时间内，物体所通过的路程跟这段时间的比值，就叫做速度。

如果用 s 表示物体通过的路程，用 t 表示通过这段路程所用的时间，用 v 表示速度，那么，

$$v = \frac{s}{t} \quad (1.1)$$

这就是说，速度的大小在数值上等于物体在单位时间内所通过的路程。

速度的单位由距离和时间的单位决定。因为距离的单位有厘米、米、公里，时间的单位有秒、分、小时，所以常用的速度单位有厘米/秒、米/秒、公里/小时等。当我们选用不同的单位时，速度的大小有不同的数值。

〔例题1〕速度为60公里/小时的火车，用米/秒的单位表示时，它的速度是多少？

〔解〕因为1公里=1000米，1小时=3600秒，所以

$$v = 60 \text{ 公里/小时} = \frac{60 \times 10^3 \text{ 米}}{3600 \text{ 秒}} = 16.7 \text{ 秒}。$$

二、速度是矢量

设想有一列火车以30公里/小时的速度由北京开往天津，另一列火车以30公里/小时的速度由北京开往张家口。这两列火车速度的大小虽然相同，但是它们的运动显然是有区别的，这个区别就在于运动方向不同。由此看来，单有速度的大小，并不能完全确定物体的运动，要确定物体的运动，还必须同时指明物体运动的方向。为此，在物理学中规定物体运动的方向为速度的方向。例如向东开的汽车，速度的方向就是向东；向下落的物体，速度的方向就是向下。

象速度这种不但有大小，而且有方向的量，叫做矢量。在物理学中，还有一些量如时间、长度、温度等，只用大小就可以完全决定，这些量叫做标量。标量的运算遵从一般的代数法则，而矢量的运算却遵从特殊的法则。这个问题，我们将在下一章中讨论。

三、匀速直线运动公式

在匀速直线运动中，速度的大小和方向都不改变，物体每单位时间通过的路程在数值上都等于 v ，所以在一段时间 t 内通过的路程 s 为

$$s = vt \quad (1.2)$$

这个式子叫做匀速直线运动公式，它也可以由速度的定义式 (1.1) 得来。

〔例题 2〕南京长江大桥的铁路桥全长 6700 米，火车匀速过桥需 8 分钟，求火车的速度。

〔解〕已知 $s = 6700 \text{ 米} = 6.7 \text{ 公里}$ ， $t = 8 \text{ 分} = \frac{8}{60} \text{ 小时}$ ，所以火车的速度为

$$v = \frac{s}{t} = \frac{6.7 \text{ 公里}}{\frac{8}{60} \text{ 小时}} \approx 50 \text{ 公里/小时}。$$

〔例题 3〕电磁波的传播速度为 3×10^{10} 厘米/秒，从某雷达站发出的电磁波在 15 公里以外遇到目标，并被反射回来，求电磁波从发出到被反射回来共用多少时间。

〔解〕已知雷达站到反射目标的距离 $s = 15 \text{ 公里}$ ，电磁波来回的路程为 $2s = 2 \times 15 \text{ 公里} = 3 \times 10^6 \text{ 厘米}$ ，电磁波的速度 $v = 3 \times 10^{10}$ 厘米/秒，所以电磁波来回所用的时间为

$$t = \frac{2s}{v} = \frac{3 \times 10^6 \text{ 厘米}}{3 \times 10^{10} \text{ 厘米/秒}} = \frac{1}{10^4} \text{ 秒} = 10^{-4} \text{ 秒}。$$

§ 2. 变速直线运动 平均速度和瞬时速度

在实际的运动中，物体运动的快慢常常是变化的。例如火车在行驶时，有时加快，有时

减慢，有时停在站上。这种快慢不匀的直线运动叫做变速直线运动。

一、平均速度

对于变速直线运动，我们不能象匀速直线运动那样，简单地用路程跟时间的比值来表示运动的快慢程度，因为这个比值不能反映运动快慢不匀的实际情况。但是，对于变速运动，我们也有时谈到它的“速度”，例如我们说从北京到天津的快车的行车速度是60公里/小时。这是什么意思呢？这并不是说火车从北京到天津始终以60公里/小时的速度作匀速运动，而是由于北京到天津的路程为120公里，快车两小时到达，所以平均地讲，快车每小时通过60公里。物体作变速运动时，某一段路程 s 跟通过这段路程所用的时间 t 的比值，叫做物体在这段路程上的平均速度，用 $\bar{v}$ 表示，即

$$\bar{v} = \frac{s}{t} \quad (1.3)$$

平均速度只能粗略地说明变速运动的快慢。

平时所说汽车、火车等物体的运动速度，都是指它们的平均速度。下表中列出了一些常见的物体的运动速度。

运 动 物 体	速 度
步行的人	4—5 公里/小时
手扶拖拉机（耕作时）	1.3—3.9 公里/小时
自行车（一般）	15 公里/小时
卡车（一般）	40 公里/小时
火车（快）	60—120 公里/小时
一般喷气式飞机	可达 1300 公里/小时
人造地球卫星	7.9 公里/小时
绕太阳旋转的地球	29800 米/秒
绕地球旋转的月球	1000 米/秒
声音在空气（20℃）中	340 米/秒
光在真空中	300000 公里/秒

二、瞬时速度

在很多情况下，我们需要确切地知道作变速运动的物体在某个时刻（或某个位置）的速度，例如子弹的出口速度直接影响着枪的射程；飞机着陆时，速度不能超过一定的数值。这时，只有平均速度的概念就不够了。我们把物体在某个时刻（或某个位置）的速度叫做这个时刻的瞬时速度。汽车、电车上往往装有速度表（图1—1），表针指示出的就是每一时刻的

瞬时速度。

上面讲到，瞬时速度就是物体在某一时刻的速度，而物体在某一时刻的速度又是什么含义呢？根据日常经验我们知道，物体做变速运动时，一方面快慢不断变化，另一方面快慢又是逐渐变化的。在一段很短的时间内，快慢的变化很小，运动接近于匀速。时间越短，运动就越接近于匀速。这就是说，在时间极短的条件下，我们可以把变速运动看作是匀速运动，即以“匀”代“变”。下面我们就根据这个基本思想，来建立瞬时速度的确切概念。

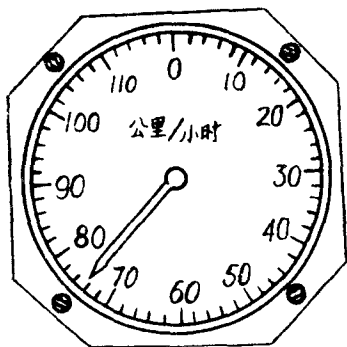


图 1—1

假设有一汽车从车站 O 开出，做变速直线运动，如图 1—2 所示。用什么办法来描述汽车通过 A 点时运动的快慢呢？如果用从车站到 A 点这段路程的平均速度来表示汽车通过 A 点时的运动快慢，这显然与实际情况相差很大。但是，如果在汽车的路程上取一点 B ，和 A 点相距很近，那么汽车从 A 点到 B 点的过程中，快慢程度就不会变化很大。这样，用 AB 这段路程的平均速度就比 OA 这段路程的平均速度，更能反映汽车通过 A 点时运动的快慢。用 Δt 表示从 A 到 B 所用的时间，用 Δs 表示 A 、 B 两点的距离（符号“ Δ ”表示很小的一段），则 AB 间的平均速度 $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ 。由于运动快慢是变化的，所以一般地讲， $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ 还不能精确地反映汽车在 A 点运动的快慢。但是，如果 Δt 取得足够短，以至于在这样短的时间内，运动快慢还没有来得及发生显著的变化，这时运动接近于匀速，而所求的平均速度就能够反映汽车在 A 点的快慢程度了。 Δt 取得越短，这种近似程度就越高。当 Δt 取得非常短使它接近于零时，在这样短的时间内的平均速度，就叫做物体在某时刻的瞬时速度。所以，物体在某一时刻（或某一位置）的瞬时速度，就是与这一时刻相隔无限短的时间内的平均速度。

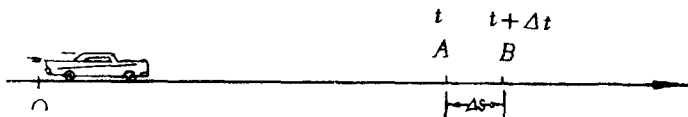


图 1—2

瞬时速度这个概念是匀速直线运动中速度概念的发展。显然，匀速直线运动不过是各个时刻瞬时速度都相等的运动。以后我们提到速度时，都指的是瞬时速度。

§ 3. 匀变速直线运动 加速度

一、为什么要研究速度变化的快慢

物体做变速运动时，速度不断变化，而速度的变化又有快有慢。例如，汽车开动时，它

的速度在几秒内从零增加到每秒十几米；射击时，炮弹的速度在千分之几秒内就从零增加到每秒几百米。这说明，汽车和炮弹速度变化的快慢是不同的，炮弹速度的变化比汽车速度的变化要快得多。

研究速度变化的快慢是有实际意义的。例如，在设计和制造汽车时，就得考虑汽车的加速性能，这是判断汽车质量好坏的一项指标，并且需要实际测定。在做加速试验时，通常先使汽车的速度达到20公里/小时（5.6米/秒），然后开大油门，急剧加速，使车速达到50公里/小时（13.9米/秒），测定车速从20公里/小时增加到50公里/小时所用的时间。这个时间越短，就说明汽车的加速性能越好。下表比较了几种国产汽车的加速性能。

汽 车	初速度 (公里/小时)	末速度 (公里/小时)	时间 (秒)
红旗牌轿车	20	50	7
解放牌卡车	20	50	38
黄河牌卡车	20	50	50

从表中可以看出，在这三种汽车中，红旗牌轿车的加速性能最好。

对于汽车，加速性能固然重要，但为了行车安全，还要求汽车有良好的刹车装置，使汽车能够在很短时间内从一定的速度很快地停下来。这是一种减速运动。

二、匀变速直线运动中的加速度

一般的加速运动或减速运动往往是很复杂的。在本课程中，我们只着重讨论匀加速直线运动和匀减速直线运动（统称为匀变速直线运动）。物体做直线运动时，如果速度随时间均匀变化，这种运动就叫做匀变速直线运动（速度均匀增加的称为匀加速运动；速度均匀减小的称为匀减速运动）。举例来讲，如果在加速试验的过程中，红旗牌轿车速度的变化情况如下表所示，那么，这一段运动就是匀变速运动。因为从表中可以看出，车速随时间均匀变化，时间每过1秒钟，车速就增大1.2米/秒。

时刻 t (秒)	0	1	2	3	4	5	6	7
速度 v (米/秒)	5.6	6.8	8.0	9.2	10.4	11.6	12.8	14.0

与匀速直线运动中引入速度概念的方法相类似，我们在这里引入加速度的概念。在匀变速直线运动中把任意一段时间内速度的改变量跟这段时间的比值，叫做加速度，用它来描述物体速度变化的快慢程度。假设开始时 $t_0 = 0$ ，物体的速度是 v_0 ，到时刻 t 速度变为 v ，在这一段时间内速度的改变量就是 $v - v_0$ ，如果用 a 表示加速度，那么，

$$a = \frac{v - v_0}{t} \quad (1.4)$$

加速度在数值上等于单位时间内速度的改变量。

加速度的单位由速度和时间的单位决定。如果速度的单位用米/秒，时间的单位用秒，则加速度的单位就是 $\frac{\text{米/秒}}{\text{秒}}$ ，简写成米/秒²。米/秒²表示每秒钟内速度增大若干米/秒，读做“每秒每秒米”。常用的加速度单位还有厘米/秒²，公里/小时²。

〔例题1〕 在加速试验中，黄河牌卡车的速度从20公里/小时，经过50秒增大到50公里/小时。如果这段运动可以看作是匀变速直线运动，问加速度是多少米/秒²。

〔解〕 已知初速度 $v_0 = 20$ 公里/小时 $= 5.6$ 米/秒，末速度 $v = 50$ 公里/小时 $= 13.9$ 米/秒， $t = 50$ 秒。代入(1.4)式，即得

$$a = \frac{v - v_0}{t} \\ = \frac{13.9 \text{ 米/秒} - 5.6 \text{ 米/秒}}{50 \text{ 秒}} = 0.17 \text{ 米/秒}^2。$$

〔例题2〕 一辆汽车紧急刹车，在2秒钟内速度从36公里/小时减到0，问加速度是多少。

〔解〕 已知初速度 $v_0 = 36$ 公里/小时 $= 10$ 米/秒，末速度 $v = 0$ ， $t = 2$ 秒，所以

$$a = \frac{v - v_0}{t} \\ = \frac{0 - 10 \text{ 米/秒}}{2 \text{ 秒}} = -5 \text{ 米/秒}^2。$$

从以上两个例题可以看出，加速度可正、可负，这决定于速度是随时间增大还是减小。当物体做匀加速运动时，末速度比初速度大，即 $v > v_0$ ，这时根据(1.4)式求出的 a 为正值。反之，当物体做匀减速运动时，末速度比初速度小，即 $v < v_0$ ，这时 a 为负值。加速度和速度一样也是矢量。在直线运动中，加速度只可能有两种方向，这两种方向用正负数就可以反映出来。因此，考虑了加速度的正负也就是考虑了加速度的方向。

三、匀变速直线运动的公式

1. 速度与时间的关系式 (1.4)式是加速度的定义式，同时也反映了匀变速直线运动中速度随时间变化的规律。(1.4)式可以改写成

$$v = v_0 + at, \quad (1.5)$$

上式叫做匀变速直线运动的速度公式。知道了匀变速直线运动的物体的初速度 v_0 和加速度 a ，就可以用它求出物体在任意时刻 t 的速度 v 。

2. 距离与时间的关系式 在变速直线运动中，速度是变化的，所以我们不能直接把某一时刻的速度和时间相乘去求物体通过的距离。做变速直线运动的物体，在一段时间 t 内通过的距离 s ，等于物体在这段时间内的平均速度 $\bar{v}$ 和所用时间的乘积，即

$$s = \bar{v} t。$$

在匀变速直线运动中，因为速度是均匀变化的，所以在一段时间内的平均速度 $\overline{v}$ 就等于物体在这段时间内的初速度 v_0 和末速度 v 的平均值，即

$$\overline{v} = \frac{v_0 + v}{2}.$$

这个结论只对匀变速运动成立。学了微积分后，我们再严格地证明。

因此，物体在时间 t 内通过的距离是

$$s = \overline{v} t = \frac{v_0 + v}{2} t.$$

把 (1.5) 式代入上式，可得

$$s = \frac{v_0 + (v_0 + at)}{2} t = \frac{2v_0 + at}{2} t,$$

即

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2. \quad (1.6)$$

上式叫做匀变速直线运动的距离公式，它反映了匀变速直线运动中距离随时间变化的规律。知道了物体的初速度 v_0 和加速度 a ，就可以用这个公式求出物体在任意一段时间 t 内通过的距离 s 。

3. 速度与距离的关系式 把 (1.5) 式改写成 $t = \frac{v - v_0}{a}$ ，代入 (1.6) 式消去 t ，化简后可以得到另一个公式：

$$v^2 = v_0^2 + 2as. \quad (1.7)$$

这个公式反映了匀变速直线运动中速度 v 随距离 s 变化的规律。

从上面的讨论中可以看出，匀变速直线运动中有三个变量：时间 t 、距离 s 和速度 v ，它们是相互联系、相互制约的。(1.5)、(1.6) 和 (1.7) 三式从数量方面，分别表示出这三个变量中每两个之间的关系。这些关系反映了匀变速直线运动的内在规律，所以我们统称之为匀变速直线运动公式。

对于匀减速直线运动，(1.5)、(1.6) 和 (1.7) 三式同样适用，不过这时加速度 a 应取负值。

〔例题 3〕 汽车起动时以 $a = 1.0$ 米/秒² 的加速度做匀加速运动，求它在起动后 1 秒、2 秒和 3 秒内通过的距离。

〔解〕 汽车的初速度 $v_0 = 0$ ，所以 (1.6) 式简化成

$$s_1 = \frac{1}{2} at^2.$$

取 $a=1.0\text{米/秒}^2$, $t=1, 2, 3$ 秒分别代入上式, 即求得汽车在启动后 1 秒、2 秒和 3 秒内通过的距离:

$$\begin{aligned}s_1 &= \frac{1}{2}at^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 1.0\text{米/秒}^2 \times (1\text{秒})^2 = 0.5\text{米};\end{aligned}$$

$$s_2 = \frac{1}{2} \times 1.0\text{米/秒}^2 \times (2\text{秒})^2 = 2\text{米};$$

$$s_3 = \frac{1}{2} \times 1.0\text{米/秒}^2 \times (3\text{秒})^2 = 4.5\text{米}.$$

根据计算结果, 可以作图如下:

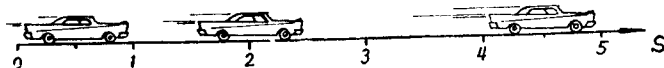


图 1—3

当时间按照 1:2:3 的比例增长时, 汽车通过的距离按照 1:4:9 的比例加大。这说明, 在初速度为零的匀加速直线运动中, 物体通过的距离与所用时间的平方成正比。

〔例题 4〕 在加速试验的过程中, 红旗牌轿车的速度在 7 秒内从 5.6 米/秒均匀地增大到 14.0 米/秒。求它在这段时间内的加速度和通过的距离。

〔解〕 已知初速度 $v_0=5.6\text{米/秒}$, 末速度 $v=14.0\text{米/秒}$, 时间 $t=7\text{秒}$, 代入 (1.4) 式, 即求得加速度为

$$\begin{aligned}a &= \frac{v-v_0}{t} \\ &= \frac{14.0\text{米/秒}-5.6\text{米/秒}}{7\text{秒}} = 1.2\text{米/秒}^2.\end{aligned}$$

由 (1.7) 式可求出轿车在 7 秒内通过的距离:

$$\begin{aligned}s &= \frac{v^2-v_0^2}{2a} \\ &= \frac{(14.0\text{米/秒})^2-(5.6\text{米/秒})^2}{2 \times 1.2\text{米/秒}^2} \approx 69\text{米}.\end{aligned}$$

〔例题 5〕 火车以 54 公里/小时的速度行驶, 刹车后做匀减速运动, 2 分钟后停止。求火车从开始刹车到完全停止所通过的距离。

〔解〕 要求距离 s ，需先求出加速度 a ，已知初速度 $v_0 = 54 \text{ 公里/小时} = 15 \text{ 米/秒}$ ，末速度 $v = 0$ ，时间 $t = 2 \text{ 分} = 120 \text{ 秒}$ ，代入 (1.4) 式，可得

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 15 \text{ 米/秒}}{120 \text{ 秒}} = -0.125 \text{ 米/秒}^2.$$

负号表示这是减速运动。

把这些数据代入 (1.6) 式，即得

$$\begin{aligned} s &= v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ &= 15 \text{ 米/秒} \times 120 \text{ 秒} + \frac{1}{2} (-0.125 \text{ 米/秒}^2) \\ &\quad \times (120 \text{ 秒})^2 = 900 \text{ 米}. \end{aligned}$$

显然，距离 s 也可以用 (1.7) 式求出。

四、典型的匀加速直线运动——自由落体运动

物体在空气中从静止开始下落时，如果所受的空气阻力比重力小得多，可以忽略不计，那么，它的运动就可以当作是只在重力作用下发生的。这种只在重力作用下，从静止开始下落的运动，叫做自由落体运动。

自由落体运动是典型的匀加速直线运动。图 1—4 是在一个小球自由下落时拍摄的闪光照片。图中的一些圆圈是小球在不同时刻、不同位置上的象。这些象是每隔一段相等的时间拍摄一次得到的。从照片上可以看出，当时间按照 1:2:3:4:5 的比例增长时，小球通过的距离按照 1:4:9:16:25 的比例加大，小球通过的距离与所用时间的平方成正比。根据匀加速直线运动的距离公式 $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ ，

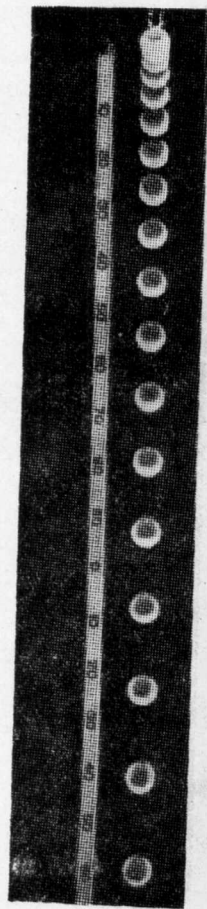


图 1—4

当 $v_0 = 0$ 时， $s = \frac{1}{2} a t^2$ ，即在初速为零的匀加速直线运动

中距离与时间的平方成正比。这说明小球的自由下落运动是初速度为零的匀加速直线运动。

自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动，那么在同一地点，一切自由落体的加速度是否相同呢？日常经验告诉我们，一个铜片与一根鸡毛同时下落时，必然是铜片首先着地。这似乎说明铜片的加速度大于鸡毛，但是我们不要忘记所谓自由落体运动是指空气阻力可以忽略不计时的落体运动。对于鸡毛来说，由于它的重量很轻，而面积又较大，以致于

空气的阻力跟它的重量相比不能忽略，因此鸡毛在空气中的下落，就不能看作是自由落体运动了。为了比较鸡毛与铜片在自由下落时加速度的大小，我们将它们装在图1—5所示的玻璃筒内，如果我们使筒口接上抽气机，把筒里的空气抽去，再突然把筒倒转，则会看到一个“反常”的现象：铜片与鸡毛在真空中同时到达筒底！由此可见，在空气中下落时，鸡毛之所以比铜片下落得慢，是由于空气阻力的缘故。在真空中，在只有重力作用的情况下，同一地点的一切自由落体，加速度都相同。因为这个加速度是重力作用所引起的，所以叫做重力加速度，用字母 g 表示。



图 1—5

重力加速度 g 的数值，可以用实验方法精确测定。根据测量结果知道，在地球上不同的地方， g 的数值略有差别。它在南、北两极最大，等于 983.22 厘米/秒^2 ；在赤道附近最小，等于 978.05 厘米/秒^2 ；在北京等于 980.12 厘米/秒^2 。在计算实际问题时，如果不需要特别精确，一般取 $g = 980 \text{ 厘米/秒}^2 = 9.80 \text{ 米/秒}^2$ 。

重力加速度的数值，除了随地球纬度不同而改变以外，还与各地的地质结构有关，构成地壳的物质在哪个地方密度较大，那里的重力加速度就略大一些。假如地下有某种矿石，它的密度同周围岩石的不同，那么这里的重力加速度就会较周围的 g 值发生变化。精密地测量各地 g 值的变化，可以对地壳的构造和矿藏的分布进行研究和了解。在地质勘探和地震研究中，经常使用这种方法。

自由落体是初速度为零的匀加速直线运动，它是匀变速直线运动的一种特殊情况，所以它的运动规律可以用匀变速直线运动的公式来表示。由于 $v_0 = 0$ ， $a = g$ ，所以 (1.5)、(1.6) 和 (1.7) 式应写作

$$v = gt, \quad (1.8)$$

$$s = \frac{1}{2}gt^2, \quad (1.9)$$

$$v^2 = 2gs. \quad (1.10)$$

竖直上抛物体的运动是和自由落体运动相反的过程，它是匀减速直线运动的一个典型例子。竖直上抛的物体以一定的初速度上升，由于重力的作用，它的速度逐渐减小直到为零。这时物体达到它上升的最大高度，然后它再从这个高度自由下落。当空气阻力可以忽略时，物体上升过程的加速度就是 $-g$ 。竖直上抛物体的运动公式，请读者自己列出。

〔例题 6〕北京特殊钢厂的工人创制了用重锤砸碎铸铁的装置。他们用起重机把重锤吊到 25 米处，然后让它自由下落，用来砸碎地面上的铸铁。问重锤下落到地面要花多少时间，落地时的速度多大。

〔解〕已知 $s = 25 \text{ 米}$ ， $g = 9.8 \text{ 米/秒}^2$ ，代入 (1.9) 式，可得

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{\frac{2s}{g}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 25 \text{ 米}}{9.80 \text{ 米/秒}^2}} = 2.3 \text{ 秒。} \end{aligned}$$

再代入 (1.8) 式, 即得

$$\begin{aligned}v &= gt \\&= 9.80 \text{ 米/秒}^2 \times 2.3 \text{ 秒} = 22.5 \text{ 米/秒}.\end{aligned}$$

§ 4. 一般变速直线运动 平均加速度和瞬时加速度

前面讨论的匀变速直线运动是变速运动的一种最简单的情形。一般物体做直线运动时, 速度的变化并不均匀。对于这种运动, 以速度的均匀变化为前提引入的加速度概念显然不适用了, 那么, 这时怎样描述速度变化的快慢呢?

在 § 2 中, 我们通过把时间无限取短, 用以“匀”代“变”的方法, 以匀速直线运动中的速度概念为基础, 引入瞬时速度的概念, 解决了怎样描述变速直线运动的快慢问题。现在, 我们将采用类似的方法, 把匀变速直线运动中的加速度概念加以发展, 进一步引入瞬时加速度的概念, 来解决上面提出的问题。

类似于前面引入平均速度的方法, 这里我们引入平均加速度, 来粗略地描述一般变速运动中速度变化的快慢。假设物体在时刻 t 的速度是 v , 经过时间 Δt 后, 速度变为 $v + \Delta v$, 即在时间 Δt 内速度的改变量是 Δv , 那么, 这段时间内的平均加速度为

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}.$$

用平均加速度只能近似地反映在这段时间内速度变化的快慢, 时间 Δt 取得越短, 运动就越接近于匀变速, 而平均加速度也就越能真实地反映物体在时刻 t 速度变化的快慢。当 Δt 趋近于零时, 在这无限短的时间内的平均加速度, 就是物体在某一时刻 t 的瞬时加速度。

小 结

一、在这一章里, 我们介绍了直线运动中速度和加速度概念。对于速度, 有时简单地说成是“物体在单位时间内通过的路程”。这种说法只有对匀速直线运动才成立。对于变速运动, 要精确地描述物体在某一时刻运动的快慢, 就需要引入瞬时速度的概念。瞬时速度概念的建立主要有以下两个步骤:

1. 在一段很短的时间 Δt 内, 用平均速度来近似描述变速直线运动的快慢;
2. 当 Δt 趋于零时, 在这无限短的时间内的平均速度, 就是物体在某一时刻 t 的瞬时速度。

加速度概念的建立与上面讨论是完全类似的。把加速度简单地说成是“单位时间内速度的改变量”, 这只有在匀变速直线运动中才成立。对于一般变速运动, 就需要引进瞬时加速度。关于瞬时加速度概念的建立步骤, 希望读者自己总结。

二、在这一章里，我们还讨论了几种具体的直线运动，对它们的特点和规律可以列表比较如下：

运 动 类 型	距 离 s	速 度 v	加 速 度 a
匀速直线运动	$s = vt$	$v = \text{常数}$	$a = 0$
匀变速直线运动	$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$	$v = v_0 + at$	$a = \text{常数}$
自由落体运动	$s = \frac{1}{2} gt^2$	$v = gt$	$a = g$

第二章 运动和力

- § 1. 力是物体间的相互作用
- § 2. 几种常见的力
- § 3. 力的合成和分解
- § 4. 牛顿第一定律 物体的惯性
- § 5. 牛顿第二定律 质量
- § 6. 力学单位制
- § 7. 牛顿定律的运用举例
- § 8. 动量 动量守恒定律
- § 9. 匀速圆周运动
- * § 10. 流体中的静力平衡
- 附一：惯性参照系
- 附二：关于力学基本规律的若干历史材料

在上一章里，我们只讨论了几种直线运动的特点，介绍了描述这些运动的基本概念——速度和加速度，而并没有研究物体为什么做这种或那种运动。但是，这个问题却具有十分重要的意义。因为我们只有掌握了这方面的规律，才有可能在生产和科研实践中，根据实际需要创造条件，去控制物体的运动。

人们在长期的生产实践中，逐步认识到物体所以会做这种或那种运动，是由物体本身的性质以及外界对它的作用力所决定的，并且在大量科学实验的基础上，总结出反映这些因素之间内在联系的规律，这些规律就是力学的基本规律。

本章 § 1—§ 3 初步介绍力的概念以及关于力的一些基本知识；§ 4—§ 8 引入质量的概念，并且阐明力学的基本规律——牛顿定律和动量守恒定律；§ 9 和 § 10 应用牛顿定律分析匀速圆周运动和流体中的静力平衡问题。

§ 1. 力是物体间的相互作用

一、什么是力

一切真知都来源于实践，人类对于力的认识也是这样。开始人们是把力跟劳动时人体肌肉的紧张联系在一起的。例如，在推车、耨地、抡大锤、拉弹簧时，人们的肌肉紧张“使了劲”，就说“用了力”。后来人们进一步认识到不仅人能够对物体有力的作用，一个物体也能够对别的物体有力的作用。例如，大锤砸到铁块上对铁块有力的作用，火车头拉着列车奔驰时对列车有力的作用，等等。