

# 物 理

上 册

浙江大学普通物理组

1975年7月

# 毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，  
必须同生产劳动相结合。

教材要彻底改革，有的首先删繁  
就简。

……要把精力集中在培养分析问题  
和解决问题的能力上，……

# 目 录

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 第一篇 力 学                | ( 1 )  |
| 第一章 直线运动               | ( 2 )  |
| §1. 匀速直线运动 速度          | ( 2 )  |
| §2. 平均速度 瞬时速度 加速度      | ( 4 )  |
| §3. 匀变速直线运动            | ( 7 )  |
| 第二章 力 运动定律             | ( 12 ) |
| §1. 力的概念               | ( 12 ) |
| §2. 工程上常见的几种力          | ( 12 ) |
| §3. 力的合成与分解            | ( 17 ) |
| §4. 运动定律               | ( 23 ) |
| §5. 运动定律应用举例           | ( 28 ) |
| §6. 力学中的单位制            | ( 34 ) |
| 第三章 动量、动量守恒定律          | ( 36 ) |
| §1. 动量原理               | ( 36 ) |
| §2. 动量守恒定律             | ( 39 ) |
| 第四章 功和能                | ( 42 ) |
| §1. 功                  | ( 42 ) |
| §2. 功率, 效率             | ( 46 ) |
| §3. 动能                 | ( 48 ) |
| §4. 功能原理               | ( 50 ) |
| §5. 位能, 机械能            | ( 52 ) |
| §6. 机械能守恒定律            | ( 56 ) |
| §7. 能量转换及守恒定律          | ( 59 ) |
| 第五章 物体的转动              | ( 61 ) |
| §1. 转动的描述—角速度、线速度、角加速度 | ( 61 ) |
| §2. 向心力和向心加速度          | ( 65 ) |
| §3. 力矩 转动定律            | ( 70 ) |
| *§4. 力矩的功和功率           | ( 73 ) |
| 第二篇 热现象及性物             | ( 75 ) |
| 第一章 热现象                | ( 75 ) |
| §1. 分子热运动              | ( 75 ) |
| §2. 温度                 | ( 81 ) |

|                   |         |
|-------------------|---------|
| §3. 热量、比热         | ( 82 )  |
| §4. 热功当量          | ( 85 )  |
| §5. 热传递           | ( 86 )  |
| §6. 热膨胀           | ( 89 )  |
| <b>第二章 气体的性质</b>  | ( 92 )  |
| §1. 气体的压强 压强计     | ( 92 )  |
| §2. 气体的状态方程       | ( 95 )  |
| *§3. 真空的获得和应用     | ( 98 )  |
| <b>第三章 液体的性质</b>  | ( 100 ) |
| §1. 液体的压强         | ( 100 ) |
| §2. 液体的浮力         | ( 104 ) |
| §3. 液体的表面现象       | ( 105 ) |
| <b>阅读材料: 物态变化</b> | ( 108 ) |
| <b>第三篇 几何光学</b>   | ( 115 ) |
| §1. 光的传播          | ( 115 ) |
| §2. 光的反射          | ( 116 ) |
| §3. 光的折射          | ( 119 ) |
| §4. 光的全反射         | ( 122 ) |
| §5. 薄透镜           | ( 124 ) |
| §6. 常用光学仪器简介      | ( 131 ) |

# 第一篇 力学

毛主席教导我们：“人的认识物质，就是认识物质的运动形式，因为除了运动的物质以外，世界上什么也没有，而物质的运动则必取一定的形式。”自然界是由各种各样的物质所组成的。自然界的所有物质都在不断地进行着各种形式的运动，“机械运动、发声、发光、发热、电流、化分、化合等等都是。”在物质的多种多样的运动形式中，最基本而又最简单的运动形式是物体位置的变化，称为机械运动。力学就是研究机械运动而发展起来的科学。机械运动是物质运动最低级的也即最基本的形式。几乎在物质的一切运动形式中都包含有这种最基本的运动形式，因而力学是许多学科的基础。

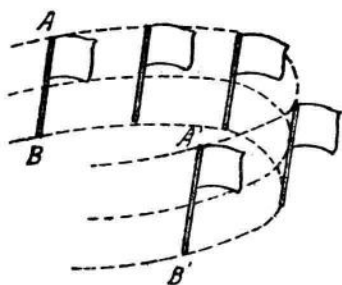
汽车、火车、拖拉机的行驶，机器的运转，飞机、炮弹、洲际导弹的飞行，人造地球卫星的运行等等都是机械运动。掌握物体作机械运动的一些基本规律，对参加工农业生产和国防建设，都是有重要意义的。

自然界中没有绝对静止的物体，一切物体都在运动着。为了研究物体的机械运动，必须选择其他物体作参照物。例如我们说地面上的房子是静止的，这是因为我们用地面作参照物。实际上地球有公转和自转，地面上的房子也随着地球在运动。机器放在开动着的火车里，站在路旁的人看到机器随着火车在运动，这是因为它以地面为参照物。而在车厢里的人看来，机器却是静止的，这是因为他以车厢为参照物的缘故。可见选择的参照物不同，对物体运动的描述也不同。一般在不作特别说明的情况下，我们都是选地面或相对于地面是静止的物体作参照物。

机械运动的形式有很多，最基本的有二种，即平动（或移动）及转动。那末什么叫平动？什么叫转动？它们有何区别？

刨木板时刨子的运动，车床上车刀的运动都是平动的例子。我们举着红旗不论是沿着直线还是曲线行进，旗杆的运动都是平动（见图0—1）。物体在平动过程中在其上任取二点A和B，当A点移动到A'位置时，B点移动到B'，A点所经过的路程AA'和B点所经过的路程BB'是相等的。如把AB两点连成一直线，这条直线的方向是不变的。

钟表上指针的运动，车床上工件的运动，飞轮的运动等等都是定轴转动的例子。物体在作定轴转动时，在物体上任取A、B两点，则A、B经过的路程是不同的，但A、B两点均在绕同一轴作圆周运动。（图0—2）。



图（0—1）



图（0—2）

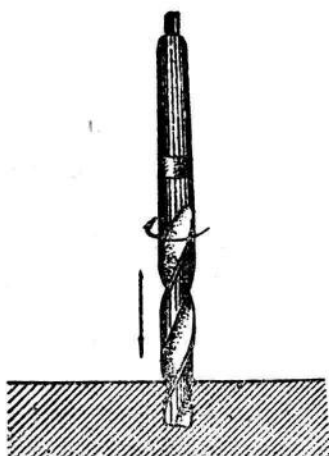
实际上许多物体都不是做单一的平动或转动，如汽车沿笔直的公路行驶，它的轮子既绕自己的轴转动，又和汽车一起移动；钻床上钻头在工作时也同时进行移动和转动。

(图0—3)。

在平动过程中，物体上各点的运动情况都一样。因此，在研究物体平动时，可以不考虑物体的形状和大小，只要研究物体上任一点的运动就可以了。

在研究物体的机械运动时，如果物体的形状和大小可以不考虑，就可以把物体当作一个具有一定质量的点来看。这样的点，叫做质点。例如在研究地球绕太阳公转的规律时，我们可暂不考虑地球的自转，同时由于地球的直径（约 $1.3 \times 10^4$ 公里）比地球公转轨道半径（ $1.5 \times 10^8$ 公里）小得多，可近似的认为地球上各点离太阳的距离均相等。即可不考虑地球的形状和大小，把它当作质点看。但是当研究地球自转时，我们就不能忽略它的形状和大小了。由此可知一个物体是否可以看成一个质点，要看问题的情况而定。

质点运动的规律是研究机械运动的基础，在研究物体运动的规律时，常常先分析组成物体的每一个质点的运动规律，然后研究其整体的运动规律，本篇第一到第四章中都是把物体作为质点来处理的。



图(0—3)

## 第一章 直线运动

质点的运动如按其运动的路线来分，可分为直线运动及曲线运动。直线运动是最简单的运动，本章只讲质点作直线运动的一些简单规律，并从直线运动出发介绍一些描写物体运动的主要物理量。

### §1 匀速直线运动 速度

物体运动有快，有慢。例如一般情况下火车运动比汽车运动快，汽车运动又比拖拉机运动快，物体运动快慢的程度我们用“速度”来表示。

物体沿直线运动时，如果在任何相等的时间里通过的路程都相等，这种运动叫做匀速直线运动。

匀速直线运动的速度，就是物体单位时间里通过的路程，用式子表示：

$$\text{速度} = \frac{\text{路程}}{\text{时间}}$$

如果  $v$  表示速度,  $s$  表示路程,  $t$  表示经过这段路程所化的时间, 那末上式也可写成

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

物体作匀速直线运动时, 速度是不变的, 即知道了物体运动的速度, 就可以计算出物体在时间间隔  $t$  内通过的路程  $S$

$$S = v t \quad (1.2)$$

速度的单位由路程和时间的单位决定。常用的路程单位有公里 米、厘米等,

$$1 \text{ 公里} = 1000 \text{ 米}$$

$$1 \text{ 米} = 100 \text{ 厘米}$$

常用的速度单位有公里/小时, 米/秒, 厘米/秒等。

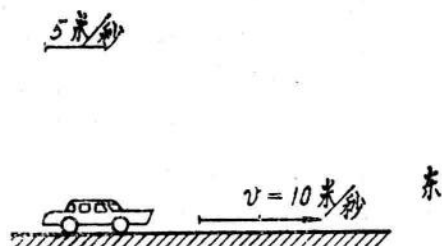
下表列举了一些物体在通常情况下的运动速度。其中轮船航行的速度用浬/小时 作为单位, 浬读作海里,  $1 \text{ 浬} = 1.853 \text{ 公里}$ 。

| 运 动 物 体    | 速 度                  |
|------------|----------------------|
| 人步行的速度     | 1.1~1.7米/秒           |
| 自行车        | 3.5~5.5米/秒           |
| 风速(6~8级)   | 14~20米/秒             |
| 海轮         | 11.5~18.5浬/小时        |
| 卡车         | 30~60公里/小时           |
| 火车         | 60~120公里/小时          |
| 喷气飞机       | 800/2000公里/小时        |
| 空气中声速(15℃) | 340米/秒               |
| 光(在真空中)    | $3 \times 10^8$ 公里/秒 |

如果只说汽车的速度是10米/秒而说不出它向那个方向行驶是不够的, 我们还应指出它是向东还是向西或向其它方向, 才能明确表示汽车运动的情况。象速度等不但要有大小, 而且还要有方向才能确定的物理量, 叫做矢量。

物理学中还有许多没有方向的物理量, 如时间, 温度, 体积等。只需大小就能确定的物理量叫标量。

通常我们用一段有一定长度的带有箭头的线段来表示矢量, 线段的长度表示矢量的大小, 箭头表示矢量的方向, 如汽车以10米/秒的速度向东, 可用图(1-1)中的箭头表示。为了区别矢量与标量, 常在表示矢量的符号上加一箭头如 $\vec{v}$ , 若不加箭头, 就只表示其大小, 如速度的大小是10米/秒, 可写成 $v = 10 \text{ 米/秒}$ 。



图(1-1)

【例】火车以33.6公里/小时的速度匀速通过我国工人阶级自己设计的南京长江大桥，需时12分钟，问大桥有多长。

已知： $V = 33.6$ 公里/小时

$t = 12$ 分钟

求：桥长  $S = ?$

解：根据  $S = V t$  可求  $S$ ，先要统一单位，

$$12 \text{ 分钟} = \frac{1}{5} \text{ 小时}$$

$$S = Vt = 33.6 \text{ 公里/小时} \times \frac{1}{5} \text{ 小时} = 6.72 \text{ 公里}$$

答桥长为6.72公里

## § 2 平均速度 瞬时速度 加速度

物体运动的速度常常是变化的。例如，火车出站时的速度逐渐增大，进站时速度逐渐减小。速度变化的运动叫变速运动。为了研究变速运动，我们需要引入平均速度和瞬时速度的概念。

### 一、平均速度和瞬时速度：

火车由杭州到上海，通过的路程是189公里，快车要行驶3小时，为了粗略地估计快车行驶的快慢，我们可以说快车的速度是  $\frac{189}{3} = 63$ 公里/小时，其实快车实际行驶的速度有时比63公里/小时快，有时比63公里/小时慢，只能讲由杭州到上海平均讲每小时行驶63公里。这里63公里/小时是快车由杭州到上海的平均速度。

在变速运动中，物体通过的路程  $S$ ，与通过这段路程所用的时间  $t$  之比，叫做物体在这段路程中的平均速度，记作  $\bar{V}$ ，即

$$\bar{V} = \frac{S}{t} \quad (1.3)$$

对匀速直线运动，任一段时间间隔或任一段路程内的平均速度都是一样的，对变速直线运动，平均速度只能粗略地说明物体运动的情况，而且这个平均值也随所取的时间间隔的不同而变。例如，火车在进站阶段的平均速度与火车在中途行驶时的平均速度都是不同的。若要比较细致地了解物体的运动情况，我们有时需要比较确切地了解物体在某一时刻（或某一位置）时的速度，例如汽车驾驶员必需随时掌握每一时刻汽车的行驶速度。物体在某一时刻（或某一位置）的速度称为物体在该时刻的瞬时速度。

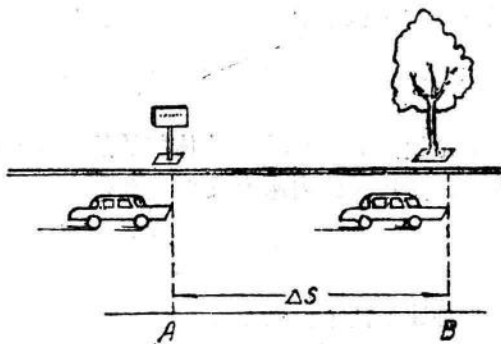
怎样来求出运动物体在某一时刻（或位置）的瞬时速度呢？就以在平直马路上行驶的车辆为例吧！若要求出汽车在通过某一路标时的瞬时速度，我们可以从路标所在处的A点开始观察（图1—2）经过一段较短的时间  $\Delta t$ ，汽车走过的路程为  $\Delta s$ ，则  $\bar{V} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  就表示汽车在AB这段路程内的平均速度。不难看出，如果时间间隔  $\Delta t$  取得越小即B点越靠近A

点, 那末算出来的平均速度就越接近通过A点时的瞬时速度。如果  $\Delta t$  取得非常小, 小到接近于0, (即  $\Delta t \rightarrow 0$ ), 但不等于0, 我们可近似地认为这一短时间内速度是不变的, 可把  $\Delta t$  这段时间内的平均速度当作A点的瞬时速度。若用数学式子表达, 可写成

$$V_{\text{瞬时}} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (\text{当 } \Delta t \rightarrow 0 \text{ 时})$$

通常把瞬时两字省去, 写成

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (1.4)$$



图(1-2)

符号“lim”称为极限, 上式右边是指当  $\Delta t \rightarrow 0$  时  $\frac{\Delta S}{\Delta t}$  的极限值的意思。对极限值的概念及求法以后在高等数学里还会详细的讲。

在技术上常用速率表来测定瞬时速度的大小。例如汽车上的速率表就是用来测定汽车行驶时各时刻的瞬时速度的大小的。

## 习 题 一

1. 汽车的平均速度是20公里/小时, 问相当多少米/秒?
2. 某种型号的柴油机, 活塞在汽缸里运动的距离(叫冲程)是150毫米, 活塞每分钟在汽缸内往返1200次, 求活塞运动的平均速度。

$$(1 \text{ 毫米} = \frac{1}{1000} \text{ 米})$$

3. 修渠爆破开山, 使用的导火索的燃烧速度是0.8厘米/秒, 点着导火索后人必须跑到150米远的安全地带。如果人离开的速度是2.5米/秒, 问应用多长的导火索。
4. 北京到天津的路程为120公里, 快车在80分钟内通过这段路程, 问快车速度为每秒多少米?

5. 拉练行军路程为150公里, 要在5天内走完。如果每天行军6小时, 问要以多大的速度行军?

6. 用超声波探测海深, 由海面发出的超声波到达海底后, 再反射回来而被接收。已知超声波在水中的传播速度为1500米/秒, 从发出超声波到接收到回来的超声波共经过0.16秒, 求海深。

## 二、加速度:

作变速运动的物体, 速度的变化有快, 有慢, 例如4吨载重汽车速度从20公里/小时(即5.6米/秒)增加到50公里/小时(即14米/秒)要用38秒钟, 而8吨载重汽车则要用50秒钟, 二者比较, 4吨载重汽车速度增加得快, 或说4吨载重汽车加速性能比8吨载重汽车好, 我们常用加速度来表示物体速度变化的快慢。加速度就是单位时间内速度的变化量, 如果时间用秒作单位, 速度用米/秒作单位, 则4吨载重汽车的加速度为

$$\frac{14 \text{ 米/秒} - 5.6 \text{ 米/秒}}{38 \text{ 秒}} = 0.22 \frac{\text{米/秒}}{\text{秒}}$$

而8吨载重汽车的加速度是

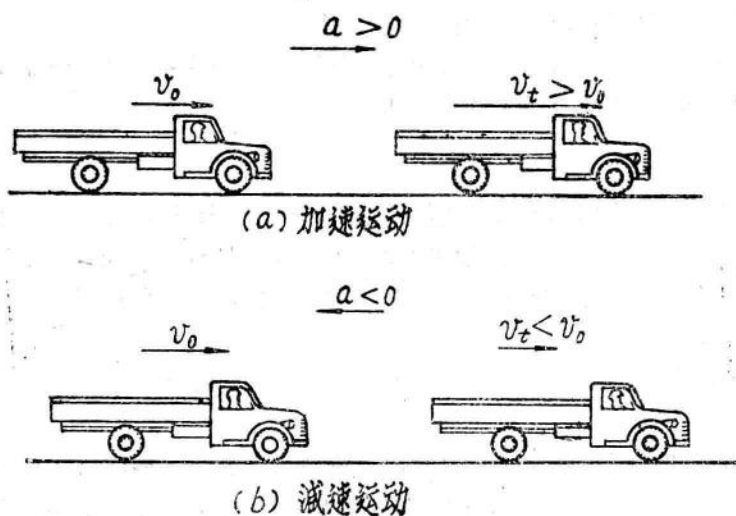
$$\frac{14\text{米/秒} - 5.6\text{米/秒}}{50\text{秒}} = 0.168 \frac{\text{米/秒}}{\text{秒}}$$

一般地说，若以 $V_0$ 表示物体起始的速度（叫初速度），经过 $t$ 秒后，速度变为 $V_t$ （叫末速度），这段时间内速度改变量为 $V_t - V_0$ ，若用 $a$ 表示这段时间内的加速度，则

$$a = \frac{V_t - V_0}{t} \quad (1.5)$$

加速度的单位由速度和时间的单位来定。上面例子中 $\frac{\text{米/秒}}{\text{秒}}$ 就是加速度的单位。通常写成 $\text{米/秒}^2$ 。如 $a = 0.22\text{米/秒}^2$ 即速度每秒钟增加 $0.22\text{米/秒}$ 。 $a$ 的单位也可以是 $\text{公里/小时}^2$ 或 $\text{厘米/秒}^2$ 。若速度增加的快慢是变的，则(1.5)式只能表示 $t$ 这段时间内的平均加速度。

加速度也是矢量。在直线运动中它的方向只能与初速度方向一致或相反。对加速运动（如汽车启动时）速度是逐渐增加的，即 $V_t > V_0$ （图1—3a），由 $a = \frac{V_t - V_0}{t}$ 得出 $a$ 是正的。加速度的方向与初速度的方向一致。对减速运动（如汽车刹车时），速度逐渐减少， $V_t < V_0$ ，（图1—3b）由 $a = \frac{V_t - V_0}{t}$ 得出 $a$ 是负的。这表示加速度方向与初速度方向相反。



图(1—3)

【例】火车以72公里/小时的速度前进，刹车后3分钟停止，设火车刹车后是均匀地减速的，问火车的加速度是多少？

已知：  $V_0 = 72\text{公里/小时} = 72 \times \frac{1000\text{米}}{3600\text{秒}} = 20\text{米/秒}$

$t = 3\text{分} = 3 \times 60\text{秒} = 180\text{秒}$

$V_t = 0$

求：

$a = ?$

介： 由(1.5)式得 
$$a = \frac{V_t - V_0}{t} = \frac{0 - 20 \text{米/秒}}{180 \text{秒}} = -0.11 \text{米/秒}^2$$

其中负号表示火车刹车时加速度的方向与速度方向相反，火车作减速运动。

应该注意，在运算时各个量的单位要事先统一。如上例中， $a$ 用米/秒<sup>2</sup>表示，那末凡是长度单位都应换成米，凡是时间单位都应换成秒，然后再代入公式运算。

上面讲到的加速度概念都只局限于物体作直线运动的情况，在曲线运动中速度的方向是变的。初速度 $V_0$ 与末速度 $V_t$ 的方向不一定相同，加速度 $a$ 也不一定与初速度同方向或反方向，加速度的大小也不能用(1.5)式简单地由初速度及末速度数值差来计算，这在第五章匀速圆周运动中还会讲到。

## 思考题

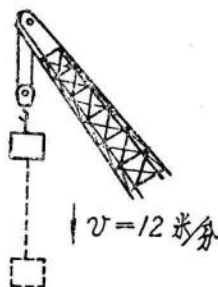
1. 物体作匀速直线运动时它的加速度是多少？
2. 小汽车起动达到一定速度后沿公路匀速前进，就起动和匀速前进二个阶段比较，何时的速度大？何时的加速度大？
3. 物体运动的速度大时加速度是否也一定大？加速度大时速度是否也一定大？
4. 物体速度很大而加速度为零是否可能？一物体处于加速运动中而速度为零是否可能？一物体的速度方向向东而加速度方向向西是否可能？以上问题试各举一例说明之。

## 习题二

1. 汽车以10米/秒的速度开始下坡，下坡过程中它的加速度是0.5米/秒<sup>2</sup>，求汽车开始下坡后第6秒末的速度多大？

2. 子弹从枪口射出的速度是800米/秒，从火药开始爆炸到子弹射出枪口一共用去0.002秒，求子弹在枪腔内的加速度。

3. 起重机将重物吊至高空，然后以12米/分的速度将重物匀速放下，快接近地面时突然制动(刹车)，制动时间是1.5秒，如图(1—4)，问制动时间内重物是加速运动还是减速运动，它的加速度多大？方向如何？



图(1—4)

## §3 匀变速直线运动

当煤车由斜坡沿着直的轨道向下滑行时，车的速度将越滑越快，但仔细观察可发现每秒速度的增加量是不变的，即它的加速度是不变的。加速度 $a$ 是常数的直线运动称为匀变速直线运动。

下面分别讨论物体作匀变速直线运动时它的速度，加速度，以及所走的路程之间的关系：

## 一、匀变速直线运动的速度和时间的关系:

物体作匀变速直线运动时速度是不断变的。这时物体的速度和时间的关系可由加速度的定义导出。设物体的加速度为  $a$ ，经过 A 点时速度为  $V_0$ ， $t$  秒后物体经过 B 点，它的速度为  $V_t$ ，则由  $a$  的定义：

$$a = \frac{V_t - V_0}{t}$$

二边各乘以  $t$  然后移项得：

$$V_t = V_0 + at \quad (1.6)$$

上式右边第一项是物体原来的速度，第二项是  $t$  秒内速度的增量。(1.6) 式即表示物体的初速度加上  $t$  秒内速度的增量，等于物体  $t$  秒时的末速度。

(1.6) 式就是匀变速直线运动中速度和时间的关系式。它不仅适用于匀加速直线运动，也适用于匀减速直线运动，只不过在匀减速直线运动中  $a$  是负的。

【例1】有一架飞机原以 100 米/秒的速度飞行，加大油门后得 8 米/秒<sup>2</sup> 的加速度，求经过 15 秒钟飞机的速度达到多少？

已知：  $V_0 = 100$  米/秒       $a = 8$  米/秒<sup>2</sup>       $t = 15$  秒

求：  $V_t = ?$

解：

由 (1.6) 式得

$$V_t = V_0 + at = 100 \text{ 米/秒} + 8 \text{ 米/秒}^2 \times 15 \text{ 秒} = 220 \text{ 米/秒}$$

答 15 秒后飞机速度为 220 米/秒

【例2】汽车开始刹车后，以  $-3$  米/秒<sup>2</sup> 的加速度作匀减速运动，经 3 秒钟停下来，求汽车开始刹车时的速度。

已知：  $a = -3$  米/秒<sup>2</sup>

$$V_t = 0$$

$$t = 3 \text{ 秒}$$

求：  $V_0 = ?$

解： 由 (1.6) 式  $V_t = V_0 + at$ ，将已知条件代入得

$$0 = V_0 + (-3 \text{ 米/秒}^2) \times 3 \text{ 秒}$$

$$\therefore V_0 = 9 \text{ 米/秒}$$

答 汽车开始刹车时的速度为 9 米/秒。

## 二、匀变速直线运动的路程和时间的关系:

物体作匀变速直线运动时，其速度不断在变化，每单位时间内所走的路程都不同。要想求得它在某一段时间内走过的路程，必须用这段时间的平均速度乘上这段时间。即

$$S = \bar{V} t$$

对于匀变速直线运动来说，因为每秒速度的增加（或减少）量都是一样的，所以在一

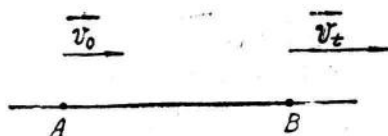


图 (1—5)

段时间  $t$  内的平均速度等于它在这段时间内的初速度  $V_0$  和末速度  $V_t$  的平均值, 即

$$\bar{V} = \frac{V_t + V_0}{2}$$

用 (1.6) 式  $V_t = V_0 + at$  代入上式得

$$\bar{V} = \frac{V_0 + V_t}{2} = \frac{V_0 + (V_0 + at)}{2} = V_0 + \frac{1}{2}at$$

所以  $S = \bar{V}t = (V_0 + \frac{1}{2}at)t$

得  $S = V_0 t + \frac{1}{2}at^2$  (1.7)

(1.7) 式即为匀变速直线运动中路程和时间的关系式

[例 3] 一辆汽车起动时作匀加速直线运动, 加速度是  $1.2 \text{ 米/秒}^2$ , 求它开动后 5 秒钟内走过的路程是多少? 开动后 10 秒钟内走过的路程是多少?

已知:  $v_0 = 0$   $a = 1.2 \text{ 米/秒}^2$

求:  $t_1 = 5 \text{ 秒时}$   $s_1 = ?$

$t_2 = 10 \text{ 秒时}$   $s_2 = ?$

解: 由公式 (1.7)  $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$  因  $v_0 = 0$

$\therefore s_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2} \times 1.2 \text{ 米/秒} \times (5 \text{ 秒})^2 = 15 \text{ 米}$

$s_2 = \frac{1}{2}at_2^2 = \frac{1}{2} \times 1.2 \text{ 米/秒} \times (10 \text{ 秒})^2 = 60 \text{ 米}$

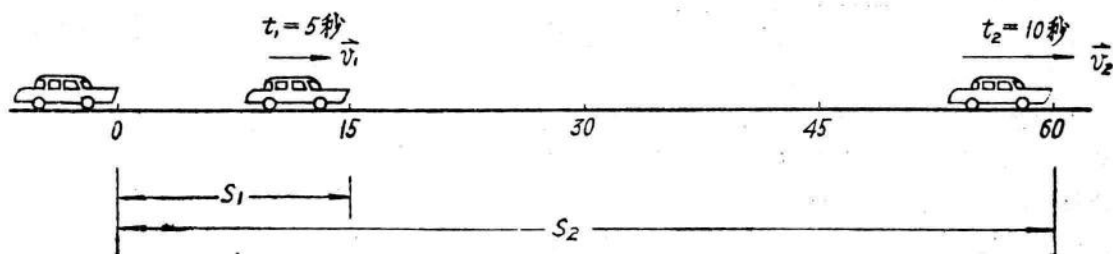


图 (1-6)

答汽车 5 秒内走过路程 15 米, 10 秒内走过路程为 60 米

这个例子也告诉我们, 对匀加速直线运动来说第一个 5 秒内与第二个 5 秒内所走过的路程是不同的。前者走了 15 米, 后者走了  $(60 - 15) = 45 \text{ 米}$ 。越走越快。

### 三、匀变速直线运动中速度和路程的关系:

在有些问题中常常需要用到路程  $s$  和速度, 加速度之间的关系, 我们从 (1.5) 式及 (1.2) 式两式中消去  $t$ , 即可得出这一关系式, 其运算办法如下:

由 (1.5) 式  $a = \frac{V_t - V_0}{t}$  得:

$$t = \frac{V_t - V_0}{a}$$

$$\therefore S = \bar{V}t = \frac{V_t + V_0}{2} \times \frac{V_t - V_0}{a} = \frac{V_t^2 - V_0^2}{2a}$$

即  $V_t^2 - V_0^2 = 2aS$  (1.8)

(1.8)式即匀变速直线运动中路程与速度加速度的关系式。

【例4】飞机起飞时在跑道上滑行640米而离开地面，滑行时作匀加速运动，加速度是5米/秒<sup>2</sup>，求飞机离开地面时的速度和滑行时间。

已知：  $V_0 = 0$      $s = 640$ 米     $a = 5$ 米/秒<sup>2</sup>

求  $V_t = ?$      $t = ?$

解：由(1.8)式  $V_t^2 = V_0^2 + 2as$

$$\therefore V_0 = 0$$

$$\therefore V_t = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \times 5 \text{米/秒}^2 \times 640 \text{米}} = 80 \text{米/秒}$$

$$\text{由(1.6)式 } V_t = V_0 + at$$

$$\text{得 } t = \frac{V_t}{a} = \frac{80 \text{米/秒}}{5 \text{米/秒}^2} = 16 \text{秒}$$

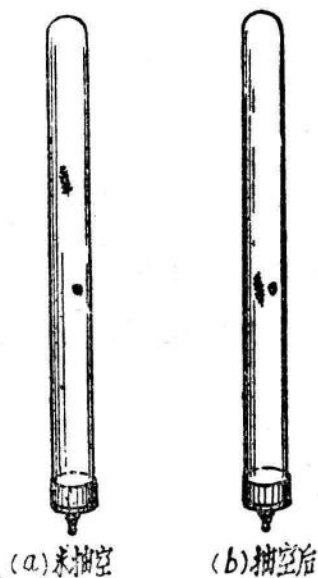
答飞机离开地面时速度为80米/秒，滑行时间16秒

(1.6)、(1.7)、(1.8)式是匀变速直线运动的三个基本公式

当空气阻力可略去不计时，一个重物由高处自由下落时作匀加速直线运动。自由落体的加速度有多大呢？在地球上不同地点作实验的结果证明：在同一地点，不同的物体自由下落的加速度均相同；在地球上不同地点这个加速度略有不同。自由落体运动的加速度常称重力加速度，用字母  $g$  表示。根据实验测定在北京  $g = 9.80$ 米/秒<sup>2</sup>，在上海  $g = 9.79$ 米/秒<sup>2</sup>，在南北极地区  $g = 9.83$ 米/秒<sup>2</sup>，为最大，在赤道附近  $g = 9.78$ 米/秒<sup>2</sup>，为最小。一般工程技术计算中常取  $g = 9.80$ 米/秒<sup>2</sup>。当某地区有矿藏时，这个地区的重力加速度  $g$  的数值就和周围地区  $g$  的数值有所不同，所以通过  $g$  值的精确测定可以勘探地下宝藏，这种方法叫做重力勘探法。

为了说明同一地点不同物体的重力加速度均一样，下面介绍一个实验。如图(1—7)所示，在一长玻璃筒内装入一块铁片和一片鸡毛，当筒倒过来时，我们看到铁片比鸡毛下落得快。如果把筒内空气抽掉，则铁片与鸡毛下落的快慢一样。实验证明不管物体轻重如何，在真空中下落的加速度都是一样的。在空气中所以不一样是由于鸡毛及铁片受到空气阻力的影响不一样。

因为自由落体的初速度  $V_0 = 0$ ，加速度为  $g$ ，



图(1—7)

下落高度为  $h$ ，末速度为  $V$ ，代入公式 (1.6)，(1.7) 和 (1.8) 得

$$V = gt, \quad (1.9)$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1.10)$$

$$V^2 = 2gh. \quad (1.11)$$

【例5】让一石块从坝上自由下落，经 4 秒听到石块击水的声音。如不计声音传播的时间，求坝面距水面的大致高度。

已知：石块作自由落体运动

加速度  $a = g = 9.80$  米/秒<sup>2</sup>，

求：坝面距水面距离  $h$

解：

由 (2.0) 式

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 9.80 \times 4^2 = 78.4 \text{ 米}$$

### 习 题 三

1. 在锻压车间中用空气锤打击烧红了锻件，已知锻头刚接触锻件的速度为 6 米/秒，打击时间为 0.004 秒（即在 0.004 秒内锤头的速度由 6 米/秒减为零）求打击过程中锤头的加速度。

2. 一列火车以 45 公里/小时的速度前进时，遇到一下坡道，下坡时加速度是 0.03 米/秒<sup>2</sup>，求火车在开始下坡后 1.5 分钟时的速度。

3. 火车的速度是 60 公里/小时，刹车后滑行 800 米停止，求火车的加速度。

4. 当无轨电车速度为 30 公里/小时开始制动，电车再前进 16 米就能停下来，求在制动后电车运动的加速度和制动所需的时间。

5. 北京地下铁道某电气列车以 70 公里/小时的速度开行，即将进站时司机同志使它均匀减速，经过 29 秒钟就平稳地停止在站台上，问列车在离站多远的地方开始减速。

6. 矿井里的升降机从井底向上时，运动可分为三段，最初是匀加速运动，从静止开始经过 3 秒钟时速度达到 5 米/秒；然后就用这个速度匀速地继续上升 10 秒钟；最后在 2 秒钟内作匀减速运动，到达井口时正好停下来，求矿井的深度及升降机由井底到井口的平均速度。

7. 碎铁机的重锤从空中自由落下，若我们需要重锤到达地面时得 8 米/秒的速度，求重锤应离地面多高？

8. 若垂直向上发射的焰火弹刚射出时的速度为 34 米/秒，3 秒钟后炸开为美丽的图案，求焰火弹上升的高度以及将炸开前的速度。（略去空气阻力。）

9. 飞机起飞时速度达到 80 米/秒，如果起飞前滑行 20 秒。问滑行跑道长度至少要多长？

10. 汽车以 36 公里/小时的速度行驶，司机发现在汽车前方 12 米处有羊群通过公路，立即刹车，汽车在羊群前 2 米处停下来。问汽车加速度为多少？方向如何？

11. 自行车在一段斜坡上向下滑行，在 10 秒钟内通过这段斜坡，速度由 3 米/秒增加到

5 米/秒, 求自行车的加速度和斜坡长度。

12. 一列火车以72公里/小时的速度行驶, 刹车后在2分钟内停止。问列车的加速度有多大? 刹车后列车还要向前滑行多少路程?

## 第二章 力 运动定律

在前一章中我们讨论了速度、加速度这两个用来描写物体的运动状态及运动状态变化的物理量, 也讲了匀速直线运动及匀加速直线运动这两种最简单的机械运动的规律。但是我们没有研究为什么物体会有加速度? 在什么条件下物体能作匀速直线运动? 在什么条件下物体能作匀加速直线运动? 为了控制物体的运动情况, 例如使行驶的汽车按照一定的要求加快或变慢, 我们就有必要来进一步研究引起物体运动状态变化的内因及外因, 物体作这样或那样运动的条件。

### §1 力的概念

日常经验告诉我们, 要使静止的小车起动, 我们必需用力拉它, 要使动的小车停下来, 我们也必需用力将它制动。小车由静止到运动或由运动到静止, 它的运动状态发生了变化。所以力作用在物体上能使物体运动状态发生变化。另外我们若用力拉弹簧, 能使它伸长, 用力压弹簧, 能使它缩短。所以力作用在物体上, 有时也能使物体改变形状。综合许多事实我们知道力的效果是使物体的运动状态或形状发生变化。

力不但有大小, 也有方向。例如拖拉机耕田时, 牵引力是向前的, 泥土的阻力是向后的。所以力也是矢量。

不但人对物体能发生力的作用, 一个物体对另一个物体也能发生力的作用。例如起重机吊重物, 起重机钢索对重物发生力的作用; 拖拉机拉犁, 拖拉机对犁发生了力的作用。人们在长期的生产实践中逐步形成了力的概念。力就是一个物体对另一个物体的作用。

甲物体对乙物体发生作用, 同时乙物体对甲物体也必发生力的作用。例如我们用锤子敲打工件时, 锤子打在工件上, 给了工件一个作用力, 同时锤子也弹起来, 说明工件也给锤子一个力, 这个力叫反作用力。有作用力就有反作用力, 它们是同时存在的。作用力和反作用力是一对矛盾, 它们“因一定的条件, 一面互相对立, 一面又互相联结”在自然界中物体间的作用力和反作用力是普遍存在的。

### 思考题

1. 当车床上的车刀切削工件时, 车刀给工件一个切削力, 使工件去掉一层, 为什么车刀也要受到磨损?

2. 船上的人用竹竿撑河岸时, 为什么船就会离开河岸?

### §2 工程上常见的几种力

物体间相互作用的形式是多种多样的, 因之力也有很多种, 在工程上我们常见的有下

列几种力：

## 一、重力

处在高处的物体一旦失去支持总是要向下掉，这是因为地球上的物体都受到地球对它的吸引力。这个力称为重力。或称为物体的重量，用符号  $P$  表示。大量实践经验表明，同一物体在地球上不同地点（如纬度不同）重量略有不同。物体在高山顶上的重量略小于在海平面上的重量。在一般工程计算中可忽略物体在地面上不同地点、不同高度处所受重力的差异。而且认为重力的方向总是指向地心（在重力勘探等利用地球上不同地点物体所受重力的差异来进行研究的问题中，就不能忽视这些差异。）

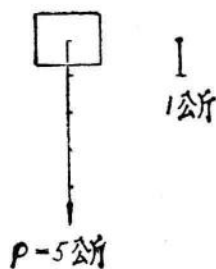


图 (2-1)

不同的物体受到重力的大小是不同的。我们利用一个叫“公斤原器”的标准物体在纬度  $45^\circ$  海平面上时的重量作为力的大小的单位，称为 1 公斤。工程上常用的力的单位还有吨及克。

$$1 \text{ 吨} = 1000 \text{ 公斤}$$

$$1 \text{ 公斤} = 1000 \text{ 克}$$

人们从研究天体运动中知道，不但地球对地面上物体有吸引力，任何两个物体间都存在相互吸引的力。这种力称为万有引力。例如地球绕太阳运动就是受到太阳对地球的吸引力的结果。当然作用力与反作用力同时存在，在上例中太阳也受到地球给它的吸引力。重力也属于万有引力。地面上任何两个物体间也存在着互相吸引的万有引力，但由于这个力很小，所以平时觉察不到。例如两个各为 1 公斤的物体，相距 1 米时，它们之间的万有引力只有  $6.81 \times 10^{-12}$  公斤。一般工程计算中均略去它的影响。

我们扛木料时如果肩膀与木料的接触点适当，就能把木料平稳地扛起来，这时我们感到各部分木料的重量都集中在木料的一点上，这个点就是木料所受重力的作用点。物体所受重力的作用点叫做重心。形状规则、组织均匀的物体它的重心位置是容易确定的，例如球的重心在球心。图 (2-2) 画出了几种不同形状物体的重心。

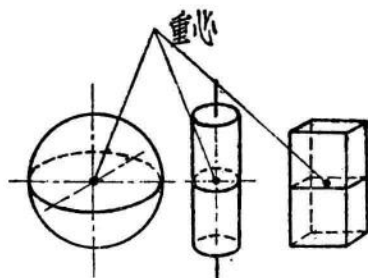


图 (2-2)

平常把某种物质单位体积的重量称为该物质的比重，各种物质的比重可查阅物理学手册，常见物质的比重如表一：

## 二、弹性力

我们用手拉弹簧，弹簧就伸长，用手压弹簧，它就缩短。当外力去掉，弹簧又恢复原来的长度。建筑工地上搭的木跳板，人走上去它就变弯了，人下来后它又恢复原状。物体