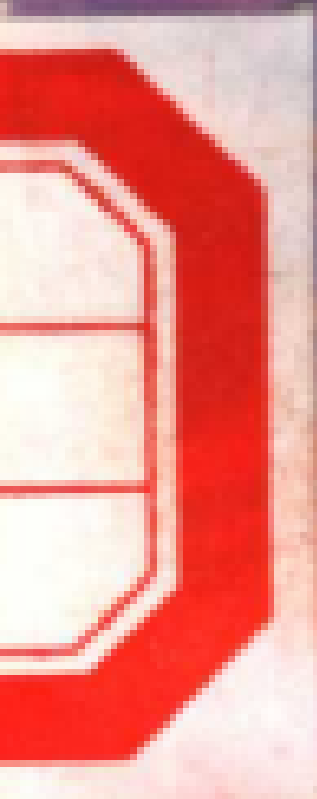
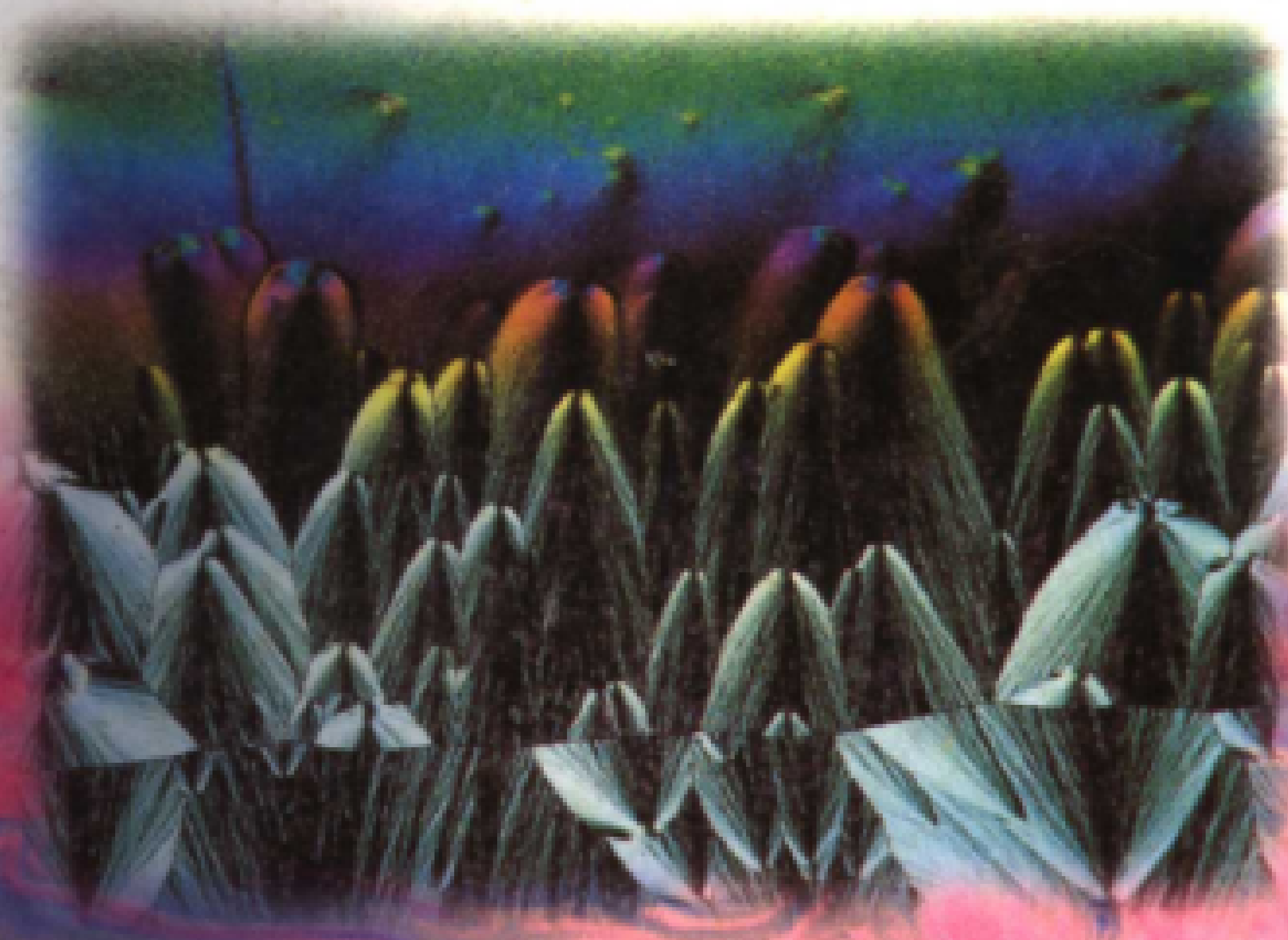


GAOKAO FUXI JIAOCHENG

WULI

高考复习教程 物 理

◆ 程先成 主编 ◆

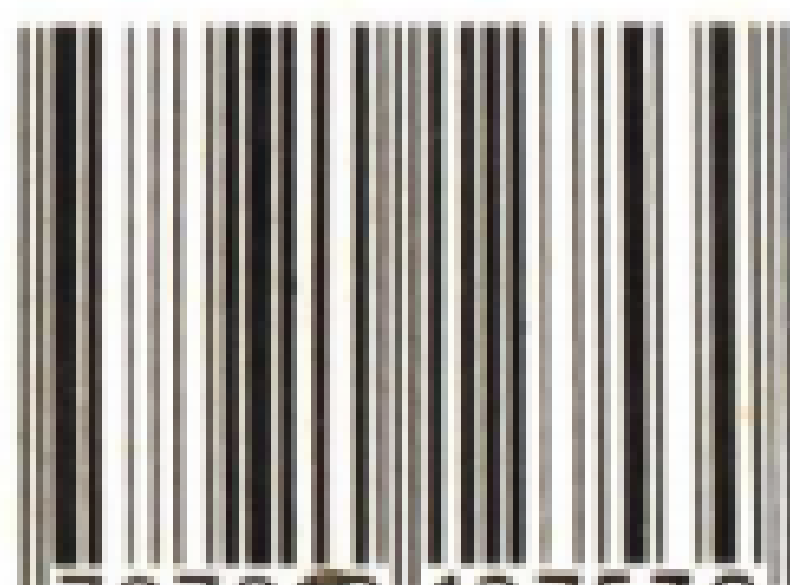


北京航空航天大学出版社
杭 州 大 学 出 版 社

责任编辑 冯学民 余健波
封面设计 刘依群



ISBN 7-81012-753-5



9 787810 127530 >

ISBN7-81012-753-5/G · 060

定价: 20.00 元

高考复习教程

物 理

主编 程先成

北京航空航天大学出版社
杭州大学出版社

主 编 程先成 赵崇楠
编 者 金 鹏 沈启正 李子仪 吴 昱
孙炳扬 毛新范 陈明华 张国明
方 平 周彩莺 刘向东 何庆生
王光明

前 言

自从1992年国家教委考试中心颁布了高考的《考试说明》后,高考命题走上了标准化(包括考试内容和考试形式的标准化)道路。高考命题的标准化为高考复习教学的规范化提供了依据。

但从高考复习教学的现状看,人们普遍采用“一味模拟,重复操练”的教学方式。从高考复习开始到结束,一味地搞高考模拟练习,让学生做几十套乃至上百套高考模拟试题,反反复复地进行操练,试图通过这样的训练来提高学生的能力。这种复习教学是违背教学规律的。且不说每一次模拟练习的内容是否符合《考试说明》的要求,是否具有应有的效度;也不说那么多的模拟练习中有多少重复的内容,有多少“浪费的学习”,单说对学生的认知结构和学习心理,就有着极大的消极影响,正如许多学生所说的那样:“我们越做越糊涂,越做越厌烦。”

高考复习教学要改变这种“学生负担重,复习效率低”的境况,探求一条科学高效的路子,这是广大师生的心声。从1994年开始,我们本着“减轻学生过重的课业负担,提高高考复习教学效率”的指导思想,以“高考复习教学课程化研究”为课题,对高考复习教学规律进行实践探索。基本思路是:复习内容上,紧扣高考《考试说明》,构建复习教学的内容体系;复习格局上,以“专题复习”为主,后期恰当进行综合模拟训练;复习课教学上,采用“复习目标指导——典型试题分析——专项运用练习”的教学模式。按照这种研究思路,经过几年的尝试和论证,完成了《高考复习教程》的编写工作。我们期盼通过这套教程使高考复习教学走出盲目、无序、低效的误区,迈上“课程化”的科学道路。

这套教程按专题分章节编写,每节一般包含以下项目:一是“复习要点”。以《考试说明》的有关条目为准,提出知识、能力的具体要求,使师生准确把握复习的内容。教学时,可结合相关的高考试题作对照印证。二是“例题示范”。以近几年的高考试题为典型例题,分析解题的思路和方法,从中提炼出解题的规律。教学时,应重在揭示解题规律,不可只注意试题的答案。三是“疑难辨析”。提示复习的方法,汲取历届学生错例中的教训,以增强学生运用规律的意识 and 能力。四是“单元练习”。根据本章复习目标,配置一定数量的专项习题,使学生运用上面学到的规律解决新问题,提高解决问题的实际能力。

《高考复习教程·物理》课题组及编写人员是:金鹏、沈启正、李子仪、吴昱、孙炳扬、毛新范、陈明华、张国明、方平、周彩莺、刘向东、何庆生、王光明。全书由程先成、赵崇楠规划并统稿。

这套复习教程,还只是高考复习教学研究的一个初步成果,有待于实践的检验。恳切地希望广大师生在试用过程中,发现问题,提出意见,以利修订,使之臻于完善,真正起到“减轻学生过重负担,提高复习教学效率”的作用。

编 者

1997年10月于杭州

目 录

前 言

第一章 质点的运动	(1)
一、复习要点	(1)
二、例题示范	(8)
三、疑难辨析	(13)
四、单元练习	(14)
第二章 力	(17)
一、复习要点	(17)
二、例题示范	(20)
三、疑难辨析	(22)
四、单元练习	(24)
第三章 牛顿定律 物体的平衡	(26)
一、复习要点	(26)
二、例题示范	(30)
三、疑难辨析	(37)
四、单元练习	(43)
第四章 动量和动量守恒	(48)
一、复习要点	(48)
二、例题示范	(51)
三、疑难辨析	(56)
四、单元练习	(59)
第五章 机械能	(68)
一、复习要点	(68)
二、例题示范	(70)
三、疑难辨析	(76)
四、单元练习	(78)
第六章 机械振动和机械波	(80)
一、复习要点	(80)
二、例题示范	(94)
三、疑难辨析	(100)
四、单元练习	(110)
第七章 分子运动理论 热和功	(124)
一、复习要点	(124)

二、例题示范	(127)
三、疑难辨析	(128)
四、单元练习	(128)
第八章 气体的性质	(130)
一、复习要点	(130)
二、例题示范	(134)
三、疑难辨析	(138)
四、单元练习	(142)
第九章 电 场	(147)
一、复习要点	(147)
二、例题示范	(150)
三、疑难辨析	(154)
四、单元练习	(155)
第十章 稳恒电流	(160)
一、复习要点	(160)
二、例题示范	(164)
三、疑难辨析	(173)
四、单元练习	(177)
第十一章 磁 场	(188)
一、复习要点	(188)
二、例题示范	(191)
三、疑难辨析	(197)
四、单元练习	(201)
第十二章 电磁感应	(207)
一、复习要点	(207)
二、例题示范	(210)
三、疑难辨析	(213)
四、单元练习	(216)
第十三章 交流电	(219)
一、复习要点	(219)
二、例题示范	(223)
三、疑难辨析	(225)
四、单元练习	(227)
第十四章 几何光学	(232)
一、复习要点	(232)
二、例题示范	(236)
三、疑难辨析	(242)
四、单元练习	(244)
第十五章 光的本性	(248)

一、复习要点	(248)
二、例题示范	(249)
三、疑难辨析	(251)
四、单元练习	(252)
第十六章 原子和原子核	(255)
一、复习要点	(255)
二、例题示范	(257)
三、疑难辨析	(259)
四、单元练习	(259)
综合测试卷(一)	(262)
综合测试卷(二)	(267)
参考答案	(273)

第一章 质点的运动

一、复习要点

(一) 描述质点运动的物理量

1. 参照物

在研究运动物体位置变化的规律时,那些被我们假定不动的物体,叫做参照物。参照物的数学抽象,叫做坐标系。中学物理中常用的坐标系有直线坐标和平面直角坐标,这些坐标系的原点和轴都被固定在我们所选定的参照物上。中学阶段所研究的大多数问题的参照物是地球或那些相对于地球保持静止的物体。

2. 质点

为了精确地描述运动物体的位置变化,在某些情况下,我们不考虑物体的大小和形状,用一个有质量的点代替物体,这个点叫质点。质点是一种理想化模型,在以下两种情况下可以把运动物体作质点处理。

第一,如果物体在运动过程中,它上面各个点的运动情况都相同,那么它上面任何一个点的运动都可以用来代表整个物体的运动,于是这个物体的运动就可以当作质点的运动来处理。

第二,如果物体的体积与运动过程相关的距离比较起来小得可以忽略不计,或者在研究的问题中物体的形状和大小所起的作用微不足道时,我们也可以把它作为质点来处理。但要注意:一个物体是否可以看作质点并不决定于物体本身的绝对大小,而是由上述相对关系所决定的。例如,地球虽大,但它的直径比起公转轨道的半径来小得可以忽略不计,所以在公转中诺大的地球也可以当做质点来处理;小孩玩耍的陀螺并不大,但它的转动状态却具有相当复杂的因素,显然不能以一个质点的运动来代替整个陀螺的运动。

3. 时刻和时间

时刻是指某一瞬间,一般与运动物体的位置对应。如第 5 s 末的速度,第 10 s 末的动能,第 5 s 末、第 10 s 末都是指时刻。

时间是两个时刻的间隔,一般与运动物体的位移相对应。

4. 位移和路程

运动物体的位置变化叫位移,是运动物体初、末两个位置之间的直线长度和方向,是矢量。而路程是运动物体在位置变化过程中所经过的路径的长度,没有方向,是标量。只有在运动方向不变的直线运动中,物体的位移和路程的大小才相等。

5. 速度

速度是描述物体运动快慢的物理量。

(1) 匀速直线运动的速度 —— 在匀速直线运动中,位移跟时间的比值,叫做匀速直线运

动的速度。作匀速直线运动的物体,如果在时间 t 内通过的位移是 s ,它的速度就是 v , $v = \frac{s}{t}$ 。速度不但有大小,而且有方向,是个矢量。速度的方向与物体的运动方向一致。速度的大小叫速率。速率只反映物体运动的快慢,不反映运动的方向,它是一个标量。究其实质,速率等于运动物体单位时间内通过的路程,而速度的大小等于单位时间内物体位移的大小。由于在匀速直线运动中,位移的大小总是与路程相等,因此,匀速直线运动的速率就等于速度的大小。

(2) 平均速度 —— 在变速直线运动中,运动物体的某一段位移跟通过它这一段位移所用时间的比值,叫做物体在这一段位移上(或这一段时间内)的平均速度。从平均速度的定义可知,作变速直线运动的物体的平均速度跟某一段时间(或某一段位移)有关。

(3) 即时速度 —— 运动物体在某一时刻(或某一位置时)的速度。在数值上它等于运动物体在这一时刻附近一小段时间内的平均速度, $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$,当 Δt 趋近于零时的极限值为 v 。

平均速度是把某一段时间内(或某一段位移上)的变速运动,当成是匀速运动,它只能粗略地描述变速运动。即时速度才能精确地描述变速运动。

6. 加速度

描述物体运动速度变化快慢的物理量,它等于速度的变化跟发生变化所用时间的比值。用 v_0 表示运动物体开始时刻的速度(初速度),用 v_t 表示运动物体经过一段时间 t 时的速度(末速度),用 a 表示加速度,那么 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 。

可见,加速度在数值上等于单位时间内速度的变化。加速度的单位由时间单位和速度单位确定,在国际单位制中,为 m/s^2 ,符号为 m/s^2 。

加速度不但有大小,而且有方向,是矢量。加速度的方向跟速度变化的方向一致。如:在变速直线运动中,如果 $v_t > v_0$,则速度变化的方向与物体运动的方向相同, $\Delta v = v_t - v_0 > 0$,加速度的方向就跟物体的运动方向一致,物体作加速直线运动;如果 $v_t < v_0$,则 $\Delta v = v_t - v_0 < 0$,速度变化的方向与物体运动的方向相反,加速度的方向也跟物体运动方向相反,物体作减速直线运动。在曲线运动中加速度的方向也由速度变化的方向决定。

加速度与速度的区别:

(1) 加速度描述物体速度变化的快慢;速度描述物体位置变化的快慢。速度变化快,加速度大的物体,不一定运动快,速度大;反之,运动快,速度大的物体,速度变化不一定快,加速度不一定大,甚至可能为0,如速度很大的作匀速直线运动的物体的加速度等于0。

加速度定义式: $a = \frac{v_t - v_0}{t}$

速度定义式: $v = \frac{s}{t}$

(2) 加速度的方向跟物体速度变化方向一致;速度的方向跟物体运动方向一致。加速度的方向可以跟物体运动方向一致,也可以相反,也可以成某一夹角;而速度的方向在任何情况下都与物体运动方向一致。

(3) 加速度单位是 m/s^2 ,速度的单位是 m/s 。

加速度与速度变化的区别:

加速度在数值上等于单位时间内速度的变化;速度的变化在数值上等于初末两个时刻速度之差。加速度大的物体,速度变化不一定大,反之亦然。

加速度定义式： $a = \frac{v_t - v_0}{t}$

速度变化公式： $\Delta v = v_t - v_0$

(二) 几种常见的质点运动规律

1. 匀速直线运动

特点：

- (1) 物体在一条直线上运动,在相等的时间里位移相等。
- (2) 运动物体的加速度等于 0,速度的大小和方向都不变。

规律和公式：

(1) 速度公式： $v = \frac{s}{t} = \text{恒量}$

(2) 位移公式： $s = vt$

图像：

(1) 位移图像——表示位移和时间关系的图像。如图 1-1 所示,匀速直线运动的位移图像是一条倾斜的直线。图像的斜率等于物体的运动速度,在图 1-1 中, $v_1 = k_1 = 20 \text{ m/s}$; $v_2 = k_2 = 2.5 \text{ m/s}$ 。利用图像还可以求出任何时间内的位移。

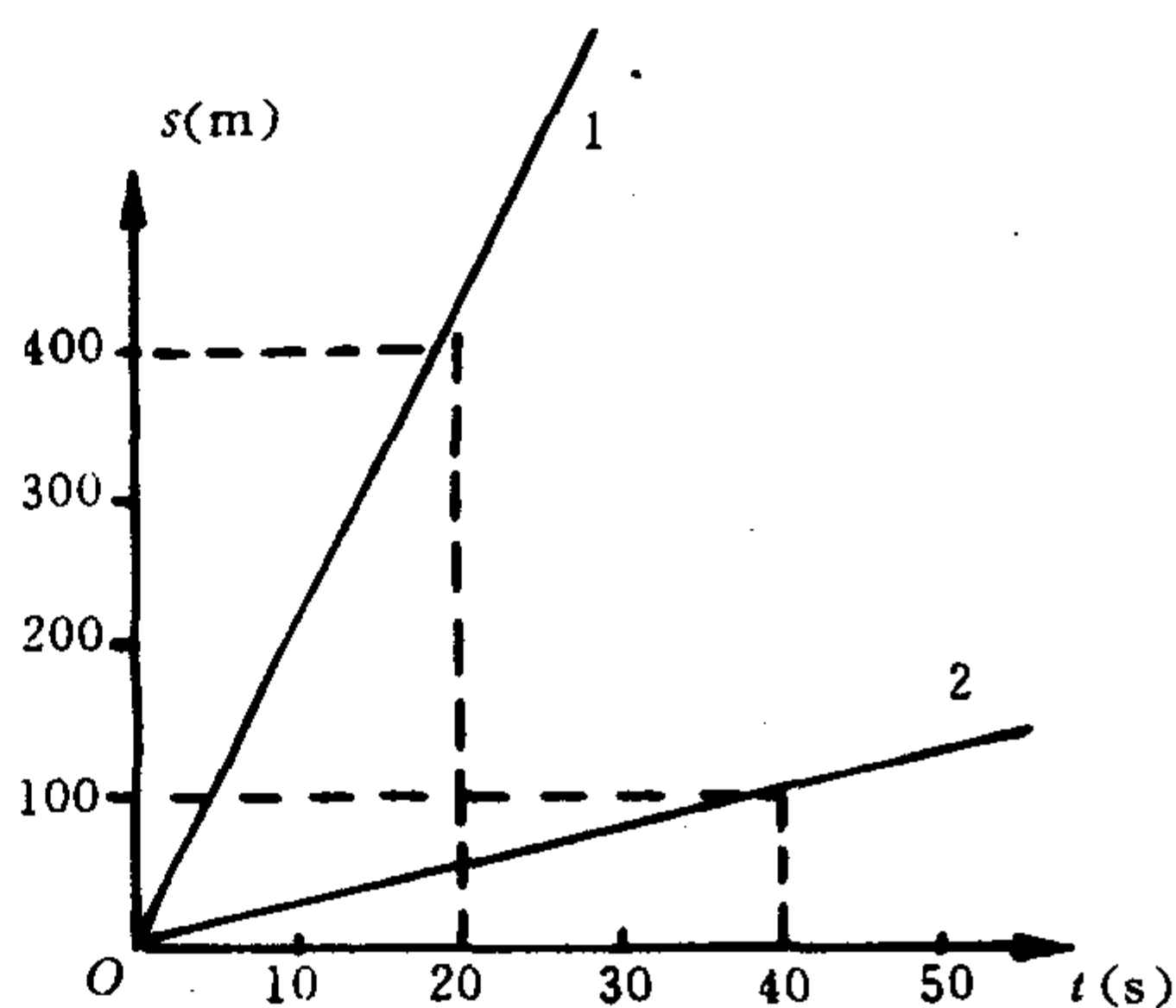


图 1-1

(2) 速度图像——表示速度和时间的关系。匀速直线运动的速度图像是一条平行于横轴(t)的直线。从图像上可以直接读出运动物体的速度,如在图 1-2 中, $v_1 = 20 \text{ m/s}$, $v_2 = 2.5 \text{ m/s}$ 。利用速度图像可以求出物体在任何时间内通过的位移,从图 1-2 中可以看出它是以速度为“高”,时间为“宽”的矩形“面积”。

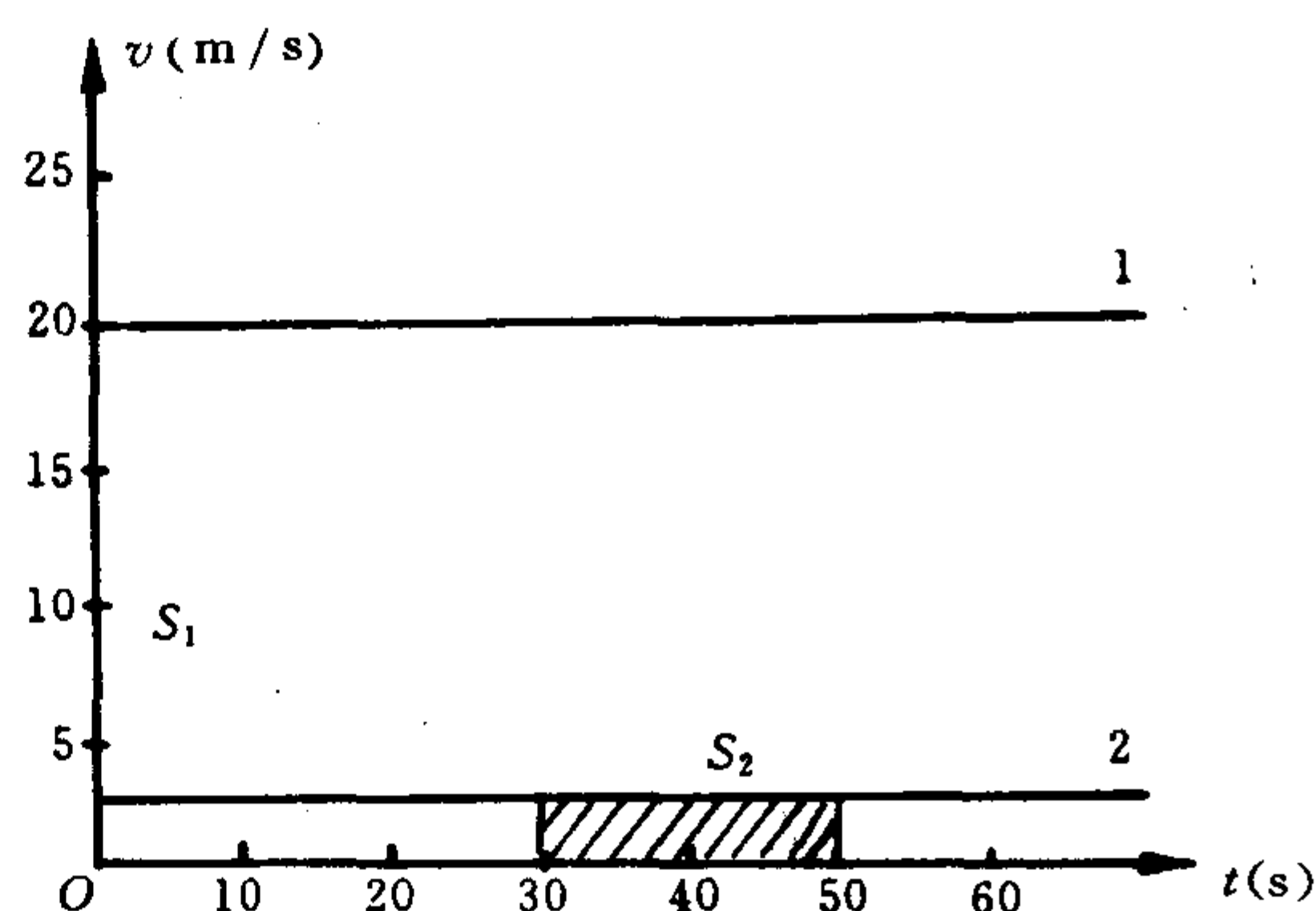


图 1-2

2. 匀变速直线运动

特点：

- (1) 物体在一条直线上运动,而且在任意相等的时间内速度的变化相等。
- (2) 运动物体的加速度的大小和方向都不变。

规律和公式：

(1) 两个基本公式

$$\begin{cases} v_t = v_0 + at & \text{速度公式} \\ s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 & \text{位移公式} \end{cases}$$

这两个公式描述了匀变速直线运动的基本规律,对于匀加速直线运动, $a > 0$;对于匀减速直线运动, $a < 0$ 。这两个公式所包含的五个物理量中,如果已知其中三个物理量,可以通过这两个公式求出另外两个物理量。

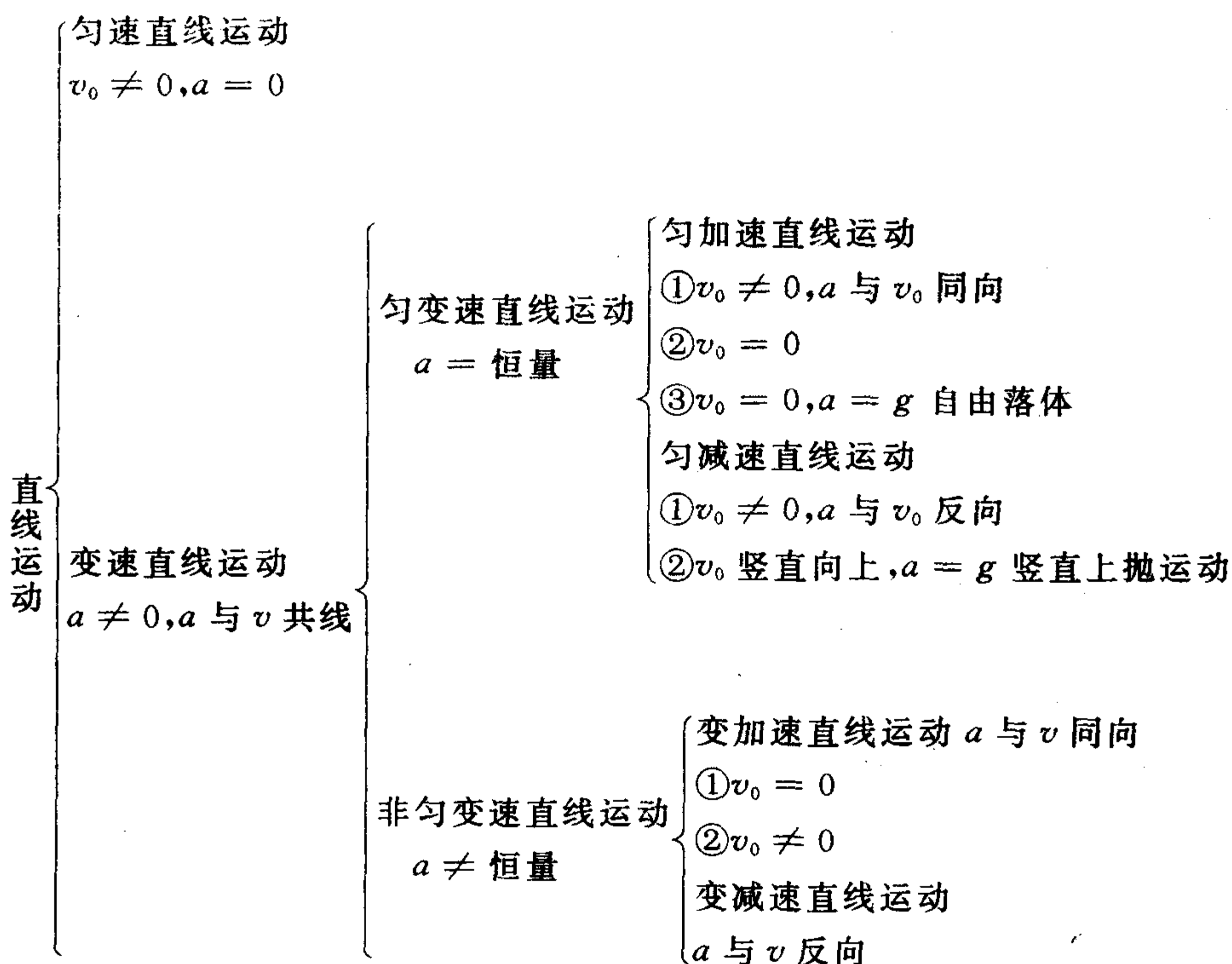
(2) 两个重要的导出公式

$$\begin{cases} v_t^2 = v_0^2 + 2as & \text{速度平方公式} \\ v = \frac{s}{t} = \frac{v_0 + v_t}{2} & \text{平均速度公式} \end{cases}$$

这两个公式是从速度公式和位移公式消掉时间 t 而导出的, 是这两个基本公式的同解式。它不能同时跟两个基本公式联立使用, 但是它可以为我们分析解答匀变速直线运动问题提供简捷的途径。

(3) 直线运动的分类

在前面四个公式中, 根据运动物体初速度 v_0 和加速度 a 在大小和方向上显示的特征, 对直线运动进行分类如下:



说明:

(1) 对于 $v_0 = 0$ 的匀加速直线运动, 除了满足前面四个公式外, 还具有如下特点:

① 从 $v_0 = 0$ 这一时刻起, 在连续几个相等的时间内的位移比成奇数比:

$$s_1 : s_2 : s_3 : \cdots : s_n = 1 : 3 : 5 : \cdots : (2n - 1)$$

② 从 $v_0 = 0$ 时刻起, 在通过连续几个相等位移所需时间之比为:

$$t_1 : t_2 : t_3 : \cdots : t_n = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : \cdots : (\sqrt{n} - \sqrt{n-1})$$

(2) 时间中点的瞬时速度, 位移中点的瞬时速度:

① 设 v_0 为初始时刻的瞬时速度, v_t 为终了时刻的瞬时速度, v 为中间时刻的瞬时速度, 物体在作匀变速直线运动, 则有

$$v = \frac{v_0 + v_t}{2} = \frac{s}{t} = \bar{v}$$

式中 s 为这段时间内物体所通过的位移, t 为通过这段位移所需要的时间。从式中可知, 作匀变速直线运动的物体在时间中点的即时速度应等于这段时间内物体的平均速度。

② 设 v_0 为物体通过某一位置的初速度, v_t 为物体通过一段位移 s 后的末速度, v 为物体通过这段位移中点的瞬时速度, 物体在作匀变速直线运动, 则有

$$v = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$$

图像:

匀变速直线运动的速度图像, 是一条倾斜的直线。这条直线的斜率等于运动物体的加速度 a , 这条直线与纵轴的交点到原点的距离为初速度 v_0 , 这条直线上某一段 AB 跟所对应的时间轴 CD 所包围的梯形面积 S 等于运动物体在这一段时间内所通过的位移。在图 1-3 中, $a = k = \tan \alpha$

$$= \frac{20 - 10}{10 - 0} = 1 \text{ m/s}^2$$

$$v_0 = 10 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2}(AC + BD) \times CD \\ &= \frac{1}{2}(15 + 20) \times (10 - 5) \\ &= 87.5 \text{ m} \end{aligned}$$

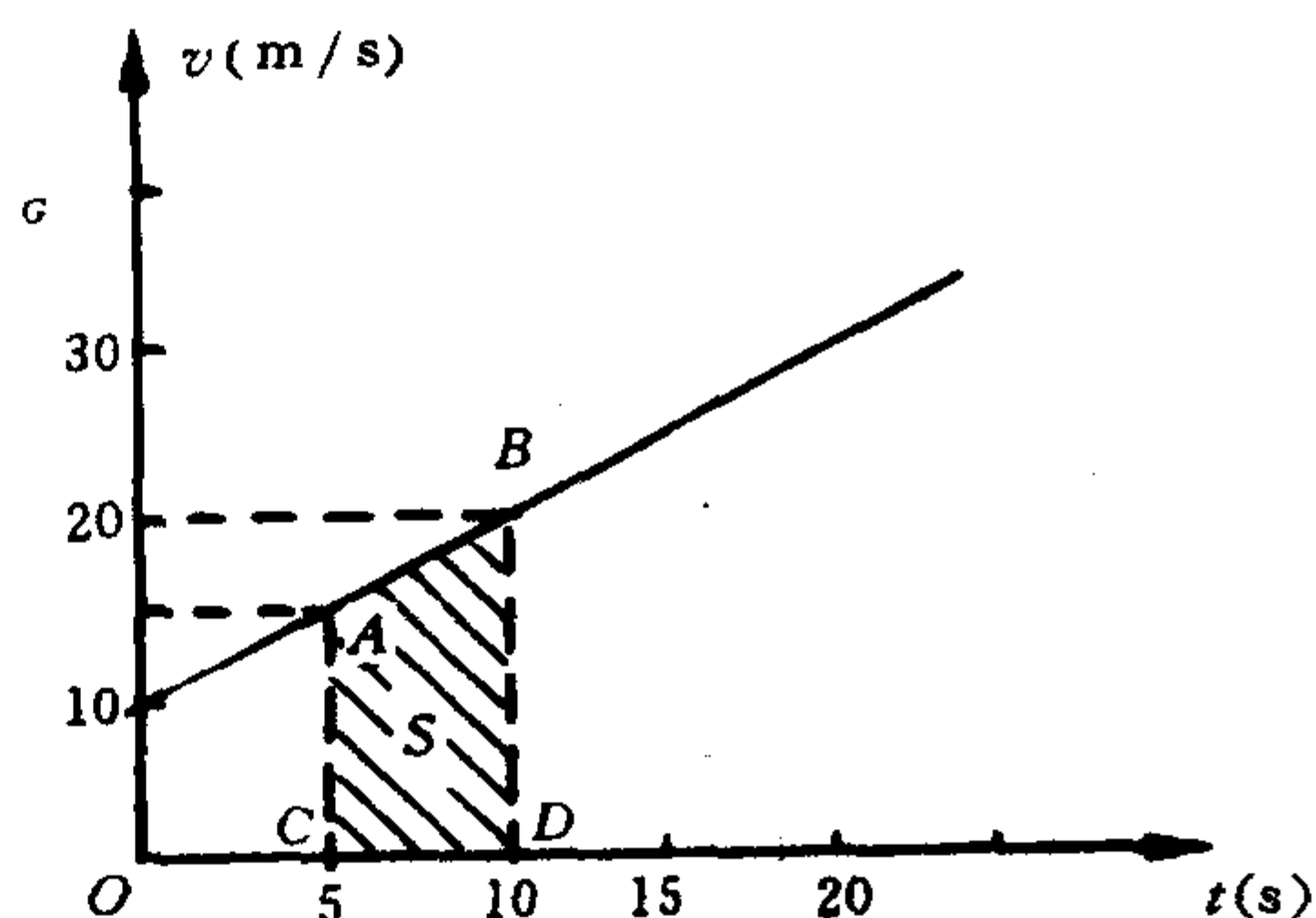


图 1-3

(三) 曲线运动

特点:

物体运动轨迹是一条曲线; 曲线上某点的切线方向, 就是运动物体通过该点时的瞬时速度方向, 曲线运动是变速运动。

条件:

当物体所受的合外力的方向跟它的速度方向不在同一直线上时, 物体就作曲线运动。

分类:

- ① 如果合外力是大小和方向都不变的恒力, 物体就作匀变速曲线运动, 如平抛运动。
- ② 如果合外力大小不变, 方向始终垂直速度, 物体就作匀速率曲线运动, 如匀速圆周运动。

- ③ 如果合外力的大小和方向都不断变化, 物体就作变速曲线运动, 如变速圆周运动。

研究方法:

通常将一个复杂的曲线运动, 当成两个比较简单的互成角度的直线运动的合运动。

1. 平抛物体运动

条件: 物体只受重力作用, 初速度 v_0 的方向水平。

特点: 平抛物体运动是加速度 $a = g$ 的匀变速曲线运动。

规律: 平抛物体运动可以看作是二个分运动的合运动: 一个是水平方向的匀速直线运动; 另一个是竖直向下的自由落体运动。

公式:如图 1-4 所示。

$$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = g t, \quad v = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2} \end{cases}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = v_y / v_x$$

2. 匀速圆周运动

作圆周运动的物体,如果在任意相等的时间里通过的圆弧长度相等,这种运动叫匀速圆周运动。匀速圆周运动是一种速率恒定,速度方向时刻变化的变速运动。

条件:作匀速圆周运动的物体所受外力的合力的大小不变,方向始终沿半径指向圆心,恒与线速度方向垂直,这个合力叫向心力。

特点:

(1) 物体的运动轨迹是一个圆,线速度不变,角速度不变。

(2) 运动物体的加速度大小不变,方向时刻变化,而且沿半径指向圆心,恒与线速度方向垂直,这个加速度,叫向心加速度,它是由向心力产生的。所以,匀速圆周运动不是匀速运动,也不是匀变速运动。

规律和公式:

(1) 线速度 v , 角速度 ω , 周期 T 和转速 n 之间的关系:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi n r, \quad \omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$$

(2) 向心加速度和向心力:

一个作匀速圆周运动的质量为 m 的物体,它所受外力——向心力为 F , 它的向心加速度为 a , $a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 4\pi^2 n^2 r$

根据牛顿第二定律, $F = F_{\text{合}} = ma$ 得:

$$F = ma = m \frac{v^2}{r} = m r \omega^2 = m \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 4m\pi^2 n^2 r$$

(四) 运动的合成

一个比较复杂的运动可以看作由两个或两个以上分运动所组成,从已知分运动的情况,求合运动的情况,叫运动的合成。反之,如果已知合运动的情况,在一定的条件下也可以求分运动的某些情况。

1. 运动合成的平行四边形法则

由于描述物体运动情况的三个基本物理量:位移、速度和加速度都是矢量,所以,已知分运动求合运动,或者已知合运动求分运动,都要根据平行四边形法则。即,以描述分运动的矢量为邻边,作出的平行四边形的对角线,就是所求得的合运动矢量。

2. 同一直线上两个分运动的合成

(1) 两个分运动方向相同,合运动等于两个分运动之和。用 $s_1, v_1, a_1; s_2, v_2, a_2$ 表示两个

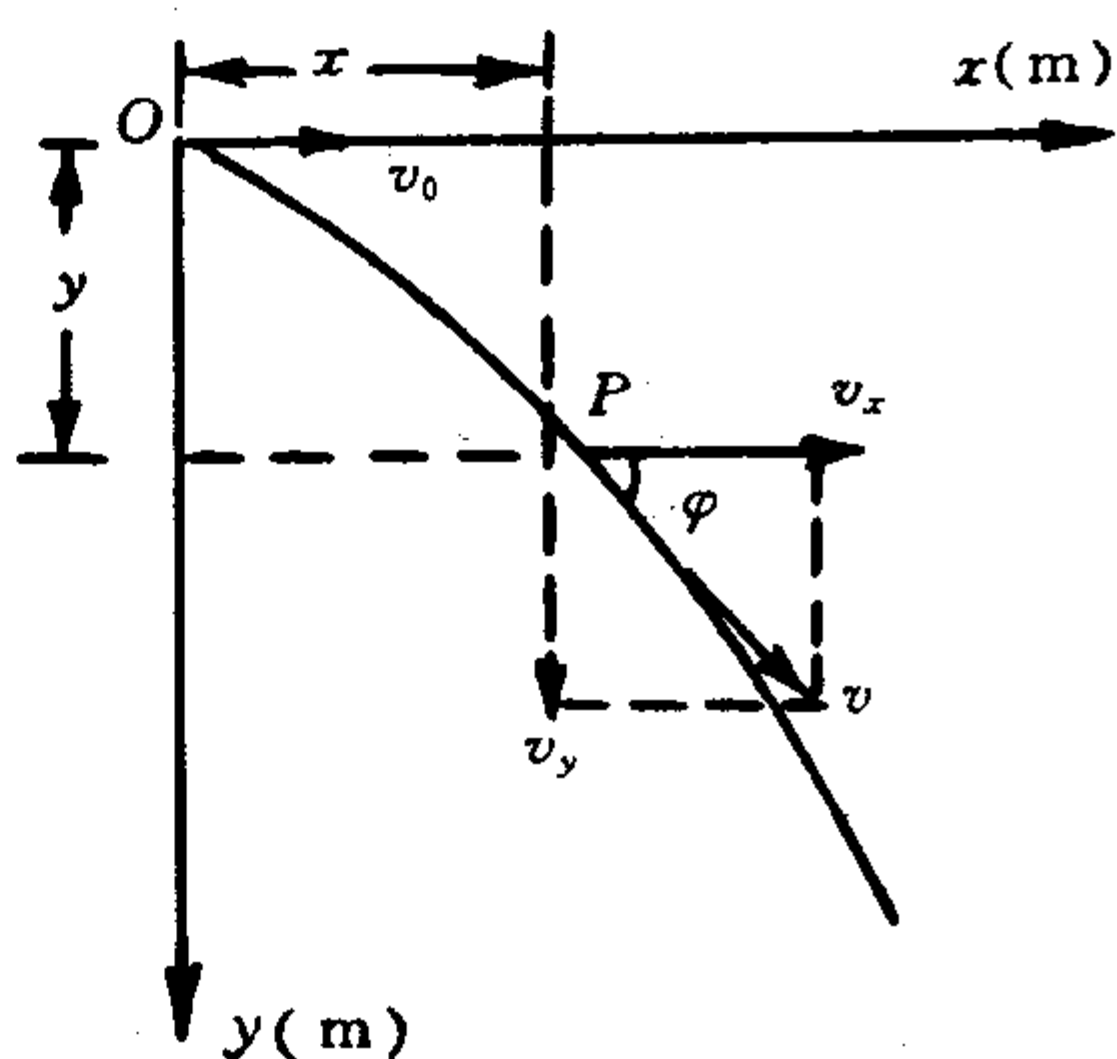


图 1-4

分运动的位移、速度和加速度,用 s, v, a 表示合运动的位移、速度和加速度。

则有: $s = s_1 + s_2, v = v_1 + v_2, a = a_1 + a_2$ 。

(2) 两个分运动方向相反,合运动等于两个分运动之差(用绝对值大的分运动减绝对值小的分运动)。即: $s = s_1 - s_2, v = v_1 - v_2, a = a_1 - a_2$ 。

说明:当一个物体的运动情况比较复杂时,必须弄清哪个运动是合运动,哪个运动是分运动,才能正确地画出运动合成的平行四边形。一般说来,作为研究对象的那个运动物体相对于地球的运动是合运动(如船对岸的运动),其它有关的运动(如船本身的运动,河水的运动)是分运动。

(五) 匀变速运动的速度与加速度测量

1. 瞬时速度的测量

测量匀变速直线运动记录纸带上打印某点时,物体运动的瞬时速度 v_n 的测量式可以从匀变速直线运动公式导出。

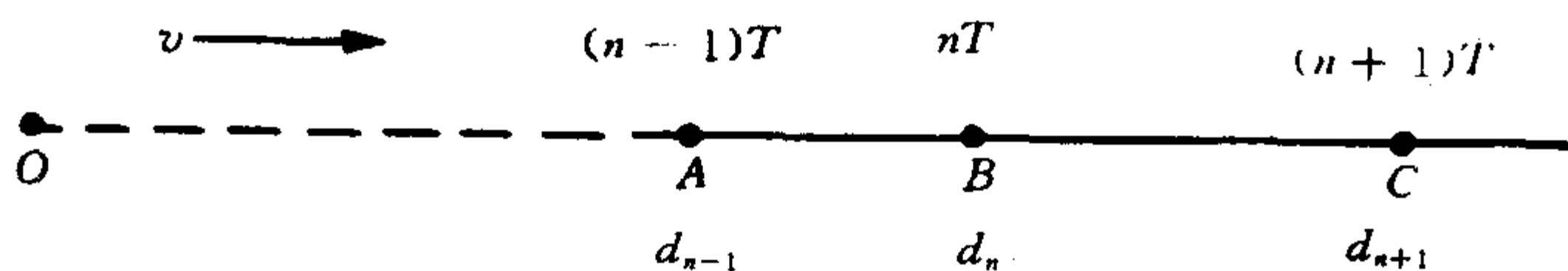


图 1-5

在图 1-5 中,设 A, B, C 三点分别表示作匀加速直线运动物体在 $(n-1)T, nT, (n+1)T$ 时刻的位置, d_{n-1}, d_n, d_{n+1} 分别表示 A, B, C 三点距起点距离。

物体在 AC 段作加速直线运动,初速为 v_A ,由匀变速直线运动公式有:

$$v_B = v_A + aT, \quad v_C = v_B + aT, \quad v_B = \frac{v_A + v_C}{2}$$

$$\bar{v}_{AC} = \frac{v_A + v_C}{2}, \quad \bar{v}_{AC} = \frac{AC}{2T}$$

$$v_B = \bar{v}_{AC} = \frac{AC}{2T} = \frac{d_{n+1} - d_{n-1}}{2T}$$

$$\text{即有: } v_n = \frac{d_{n+1} - d_{n-1}}{2T}$$

上式即为利用纸带记录求匀变速直线运动在打印第 n 点时的瞬时速度 v_n 的测量式,简单地说,就是打印某点时刻的瞬时速度等于前后两个打印点间距离与 $2T$ 的比值。

2. 加速度的测量

(1) 利用速度图像来求加速度

用横坐标表示时间,用纵坐标表示速度,在坐标平面上画出 $(T, v_1), (2T, v_2), (3T, v_3) \dots$ 各点,把这些点连结起来可以画出一条直线。画直线时尽量让多数的点在一直线上,不在直线上的点,尽量使它们对称地分布在直线的两旁,求出这条直线的斜率就得到物体的加速度。

(2) 利用公式 $\Delta s = aT^2$

$$a_1 = \frac{\Delta s_1}{T^2}, \quad a_2 = \frac{\Delta s_2}{T^2}, \quad a_3 = \frac{\Delta s_3}{T^2},$$

其平均值

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \cdots + a_n}{n}$$

就是物体的加速度。注意要用逐差法。

二、例题示范

例题 1 一位观察者站在一列火车的第一节车厢的前端旁的站台上进行观察,火车从静止开始作匀加速直线运动,第一节车厢全部通过需时 8 s,试问:

(1) 16 s 内共有几节车厢通过?

(2) 第 2 节车厢通过需要多少时间?

分析 设每节车厢的长度为 s ,那么每节车厢通过观察者就意味着火车前进了 s 距离。于是,原题的意思就变成火车在开始运动后的 8 s 内前进了 s ,求 16 s 内前进的距离是几个 s ,以及前进第 2 个 s 所需的时间。此外本题只有两个已知数据,即 $v_0 = 0, t = 8 \text{ s}$;另一个隐含的条件是车厢长度,解题中要注意消去 s 。

解 (1) 设每节车厢长为 s ,则 $s = \frac{1}{2}at^2$,在 $2t(16 \text{ s})$ 时间内,

$$s' = \frac{1}{2}a(2t)^2 \quad \text{得: } s' = 4s$$

即在 16 s 内有 4 节车厢通过。

(2) 火车前进 $2s$ 所需时间为 t' ,则

$$2s = \frac{1}{2}at'^2 \quad \text{得: } t' = \sqrt{2}t$$

则第 2 节车厢通过所需时间为

$$t' - t = (\sqrt{2} - 1)t = 3.31 \text{ s}$$

评价 按上面解题的思路,我们可以得到几个有普遍意义的结论。由静止开始的匀加速直线运动,每经过一段相等时间的总位移之比为 $1:4:9:\cdots:n^2$;在相等的相邻时间内的位移之比为 $1:3:5:\cdots:(2n-1)$;通过相邻的相等位移所需的时间之比为 $1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\cdots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$ 。在解答有些问题时,若注意到这种比例关系,会使解题更加简便。

例题 2 一质点从静止开始,先以加速度 a_1 作一段时间的匀加速直线运动,紧接着以大小为 a_2 的加速度作匀减速直线运动,直至静止。质点运动的总时间为 t ,求它运动的总路程。

分析 不妨作出质点运动的速度图线(如图 1-6),以便找出解题的方法。质点作加速运动的时间为 t_1 ,作减速运动的时间为 $t_2 = t - t_1$,运动的最大速度为 v_0 ,从图线入手可引出不少解题方法,我们采用平均速度的方法求解。

解 从图 1-6 中可看出, t_1, t_2 两段时间内的平均

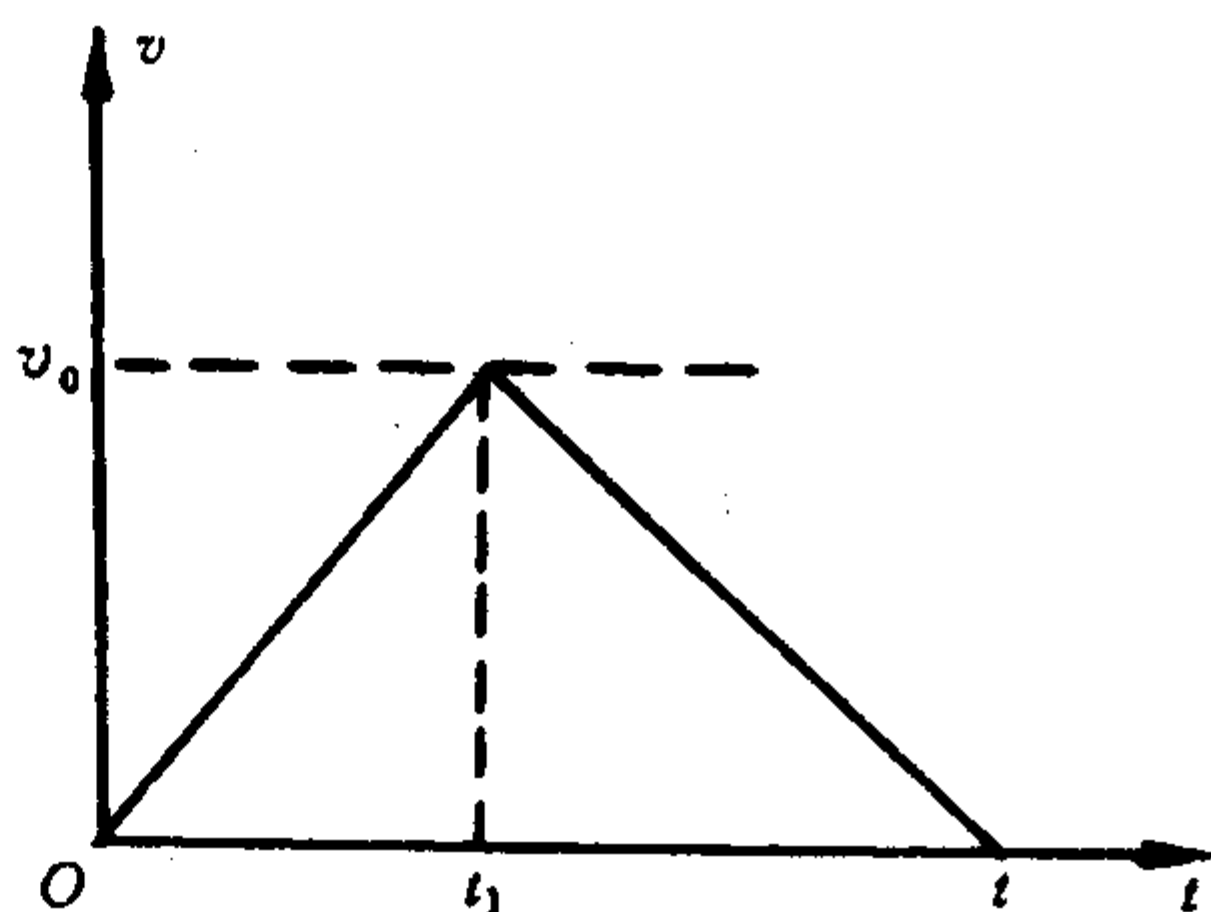


图 1-6

速度均为 $\frac{1}{2}v_0$, 则总路程

$$s = \frac{1}{2}v_0t_1 + \frac{1}{2}v_0t_2 = \frac{1}{2}v_0(t_1 + t_2) = \frac{1}{2}v_0 \cdot t$$

又因为: $v_0 = a_1t_1, v_0 = a_2t_2$, 将两式分别乘以 a_2 与 a_1 后得:

$$v_0a_2 = a_1a_2t_1, \quad v_0a_1 = a_1a_2t_2$$

故 $v_0(a_1 + a_2) = a_1a_2(t_1 + t_2) = a_1a_2t$

$$v_0 = \frac{a_1a_2}{a_1 + a_2}t$$

代入路程公式得:

$$s = \frac{a_1a_2}{2(a_1 + a_2)}t^2$$

评价 (1) 从匀变速直线运动的基本规律可推出平均速度的表达式 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$, 这个结论对加速或减速运动都是适用的, 如果初速度(或末速度)等于零, 则 $\bar{v} = \frac{v_t}{2}$ (或 $\bar{v} = \frac{v_0}{2}$), 同时注意到 $\bar{v} = \frac{s}{t}$, 就有 $s = \frac{v_0 + v_t}{2}t$ 的关系, 用平均速度来解题, 往往较好。

(2) 要灵活运用数学的解方程的技巧, 如本题在求解的过程中求 v_0 不是先求 t_1, t_2 , 而是直接设法得到 $(t_1 + t_2)$ 的组合, 这可使解题过程简化。

(3) 作速度图线来帮助我们分析问题, 是解运动学问题的常用手段, 我们不难从图 1-6 中得到启发, 解题的关键或者是求 v_0 , 或者是求出 t_1, t_2 , 这样就能合理地选用公式。

例题 3 升降机天花板上悬一小球, 离地板高 $h = 2.5 \text{ m}$, 升降机以 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 的速度上升。从某一时刻起升降机以 $a = 2 \text{ m/s}^2$ 的加速度上升, 此刻悬吊小球的绳断, 问小球经多长时间落到升降机地板上?

分析 绳断后小球和升降机地板以不同的加速度运动(初速相同), 求它们在何时相遇。这类问题, 一般方法是建立坐标系, 分别列出每个物体的运动方程, 从而求出它们的距离随时间变化的规律, 距离为零时两物相遇。

解 以绳断时($t = 0$) 升降机地板的位置为固定坐标系的原点, 竖直向上为坐标轴 Oy 的正向。

小球的运动方程为

$$y_1 = h + v_0t - \frac{1}{2}gt^2$$

地板的运动方程为

$$y_2 = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

小球与地板的距离

$$d = y_1 - y_2 = h - \frac{1}{2}(a + g)t^2$$

令 $d = 0$, 得小球落在地板上的时间

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a + g}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.5}{2.5 + 10}} = 0.63 \text{ s}$$

评价 (1) 凡讨论以不同加速度运动的二质点相遇, 相距最远或相距最近等问题, 均可