

337

G723.4
C49

全国各类成人高等学校招生统考教材

高中起点升本科

物理化学综合科

陈玉燕 姜树华 田淑平 主编

北京邮电大学出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

全国各类成人高等学校招生统考教材. 物理化学综合科/陈玉燕 娄树华 田淑平编. —北京: 北京邮电大学出版社, 2002

ISBN 7-5635-0626-8

I. 物... II. ①陈...②娄...③田... III. ①物理—成人教育: 高等教育—入学考试—教材

②化学—成人教育: 高等教育—入学考试—教材 IV. G723.47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 057326 号

书 名 物理化学综合科
主 编 陈玉燕 娄树华 田淑平
责任编辑 陈露晓 戴启荣
版式设计 陈露晓
出版发行 北京邮电大学出版社
社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876
经 销 各地新华书店
印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张 28.75
字 数 680 千字
版 次 2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5635-0626-8/G·89
定 价 35.00 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系

电话: (010)62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

Http://www.buptpress.com

版权所有 侵权必究

目 录

物 理

第一部分 力学

第一章	直线运动	1
第二章	力和力矩	13
第三章	牛顿运动定律	24
第四章	功和能	35
第五章	动量和冲量	46
第六章	曲线运动	56
第七章	振动和波	69

第二部分 热学

第八章	分子动理论 内能	80
第九章	固体、液体和气体	86

第三部分 电磁学

第十章	静电场	95
第十一章	恒定电流	109
第十二章	磁场	128
第十三章	电磁感应 交变电流	140

第四部分 光学

第十四章	几何光学	154
第十五章	物理光学	163

第五部分 原子物理

第十六章	原子	170
第十七章	原子核	176

第六部分 物理实验

第十八章	误差和有效数字	184
第十九章	基本测量仪器仪表的使用	187
第二十章	学生实验	196

化 学

第一部分 基本概念和基本原理

第一章	物质的组成和分类	205
第二章	物质结构 元素周期律	234
第三章	化学反应速率和化学平衡	244
第四章	溶液	249
第五章	电解质溶液	255

第二部分 常见元素及其重要化合物

第一章	空气、氢、氧、水	269
第二章	卤素	275
第三章	硫	282
第四章	氮和磷	288
第五章	碳和硅	297
第六章	碱金属	304
第七章	镁和铝	309
第八章	铁	313

第三部分 有机化学基础知识

第一章	概述	320
第二章	烃	326
第三章	石油和煤的干馏	334
第四章	烃的衍生物	340
第五章	糖类、蛋白质	350

第四部分 化学基本计算

第一章	有关化学式的计算	359
第二章	有关物质的量的计算	363
第三章	有关溶液浓度的计算	367
第四章	有关化学方程式的计算	372

第五部分 化学实验基础知识

第一章	化学实验基础知识	380
第二章	几种气体的实验室制法	391
第三章	物质的检验	399

2003 年全国成人高等学校招生统一考试

物理、化学模拟试题(一)	410
参考答案	413

2003 年全国成人高等学校招生统一考试

物理、化学模拟试题(二)	415
参考答案	418

2002 年成人高等学校招生全国统一考试

物理	420
参考答案	424

2002 年成人高等学校招生全国统一考试

化学	426
参考答案	430

附录

全国各类成人高等学校招生复习考试大纲(含标准样题)	432
---------------------------------	-----

第一部分 力学

第一章 直线运动

§ 1 机械运动

§ 1.1 质点

质点是一种理想化的物理模型,用来代替一定条件下的实际物体。如果物体只做平动而不做转动,或者物体的大小和形状在所研究的问题中能够忽略不计,就可以用质点来代替整个物体,它具有整个物体的质量。这样,分析和处理问题时就会简便许多。

§ 1.2 参考系

一个物体相对于另一个物体的位置变化叫做**机械运动**,简称**运动**。实际上,自然界中的一切物体都在不停地运动,所谓静止只是相对的。通常所说一个物体是否运动,就是根据它相对于另一个假定静止的物体的位置是否改变而言的。这个假定静止的物体叫做**参考系**或**参照物**。在多数情况下,通常都选取地面作为参考系;但在某些特殊情况下,灵活地选取其他物体作为参考系,反而可以使问题的讨论和解决更为方便。

§ 1.3 位移和路程 矢量和标量

物体位置的变化量叫做**位移**。物体从一个位置 A 运动到另一个位置 B 时,位移就是从初位置 A 指向末位置 B 的有向线段。位移既有大小,又有方向,是一个**矢量**。它只与物体的初、末位置有关,而与物体在这两个位置之间的运动轨迹无关。而物体从 A 运动到 B 可以沿不同的路线,如图 1-1 中的 ACB 和 ADB ,这些路线的长度叫做**路程**,它只有大小,没有方向,是一个**标量**。路程不但与物体的初、末位置有关,还与物体在这两个位置间的运动路线有关。

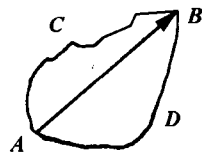


图 1-1 位移和路程

§ 1.4 时刻和时间

在描述物体的运动时,某一瞬间叫做**时刻**,而两时刻之间的间隔叫做**时间**。每一时刻对应着运动物体的一个位置,而每一段时间则对应着运动物体的一段位移或路程。

§ 2 匀速直线运动

§ 2.1 匀速直线运动

在任何相等的时间里位移都相等的直线运动,叫做**匀速直线运动**,简称**匀速运动**,是最简单的直线运动。

§ 2.2 速度和速率

速度是描述物体运动快慢和方向的物理量。在**匀速直线运动**中,速度 v 等于位移 s 和发生这段位移所经历的时间 t 的比值,用公式可表示为

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

在国际单位制中,位移的单位是米(m),时间的单位是秒(s),速度的单位就是米每秒(m/s)。其他常用的单位还有千米每小时(km/h)、厘米每秒(cm/s)等。

速度是一个矢量,它的大小描述了物体运动的快慢,它的方向表示物体运动的方向,是由位移的方向决定的。

速度的大小叫做**速率**,它是一个**标量**,只描述物体运动的快慢。汽车速率计上某一时刻的读数,就是该时刻汽车的速率。

§ 2.3 匀速直线运动的位移图像和速度图像

1. **位移图像** 表示匀速直线运动的位移和时间之间关系的图像叫做**位移-时间图像**,简称**位移图像**,也叫做 $s-t$ 图像。它是一条从坐标原点出发的斜线(图 1-2),它的斜率 $\frac{s}{t} = v$,

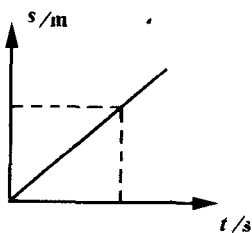


图 1-2 匀速运动

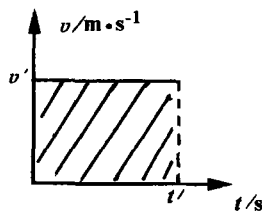


图 1-3 匀速运动

数值上就等于匀速运动的速度。根据位移图像还可以求出在任何时间内的位移,或者反过来,也可以求出发生任一位移所需的时间。

2. **速度图像** 表示匀速直线运动的速度和时间之间关系的图像叫做**速度-时间图像**,简称**速度图像**,也叫 $v-t$ 图像(图 1-3)。它是一条平行于横轴(即 t 轴)的直线,直线所对应的纵坐标就是速度的数值。根据速度图像,可以求出物体在任何时间内运动的位移,就是由速度直线 v 、时间直线 t 跟纵、横坐标轴所围成的矩形面积 $S = vt$ 。

§ 3 变速直线运动

§ 3.1 变速直线运动

在任何相等的时间内,如果物体在一条直线上运动的位移不相等,这种运动叫做**变速直线运动**,简称**变速运动**。

§ 3.2 平均速度

在变速运动中,物体的位移跟发生这段位移 s 所经历的时间 t 的比值,叫做物体在这段位移中或这段时间里的**平均速度**,用 $\bar{v}$ 表示:

$$\bar{v} = \frac{s}{t} \quad (1.2)$$

对于变速运动来说,在不同的位移段或不同的时间段内,平均速度一般是不相同的。某一段位移或某一段时间内的平均速度,只能表示物体在这段位移或这段时间内运动的大致情况。

§ 3.3 瞬时速度

运动物体在某一时刻(或某一位置)的速度,叫做该时刻(或该位置)的**瞬时速度**,简称**速度**。它是一个既有大小又有方向的矢量,它的方向就是物体运动的方向。

§ 4 匀变速直线运动

§ 4.1 匀变速直线运动

在任何相等的时间内,速度的变化量都相等的运动叫做**匀变速直线运动**,简称**匀变速运动**,它是最简单的变速直线运动。

§ 4.2 加速度

在变速直线运动中,物体的速度是变化的,在匀变速直线运动中,速度的变化量和所用时间的比值,叫做**匀变速运动的加速度**,用 a 表示:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} \quad (1.3)$$

其中 v_0 是初始时刻的速度(初速度), v_t 是经过一段时间 t 后的速度(末速度)。

在国际单位制中,速度的单位用米/秒,时间的单位用秒,所以加速度的单位就是米/秒²(m/s²)。

加速度也是矢量,既有大小,又有方向。在直线运动中,通常取物体开始运动时的速度方向为正方向,即 v_0 为正值。在这种情况下,如果 $v_t > v_0$,则 a 也为正值,表示加速度的方向与初速度的方向相同,这时运动的速度不断增大,称为**加速运动**;如果 $v_t < v_0$,则 a 为负值,表

示加速度的方向与初速度的方向相反,这时运动的速度不断减小,称为**减速运动**。

需要注意的是,速度和加速度是两个不同的概念。速度是描述物体运动快慢的物理量,而加速度则是描述运动物体的速度变化快慢的物理量。物体运动的速度大,加速度不一定也大。例如在平直的高速公路上匀速行驶的汽车,虽然速度相当大,但是加速度为零。反过来,物体运动的加速度大,但速度不一定也大,例如从静止开始加速的摩托车,加速度可以很大,但速度却比较小。

§ 4.3 匀变速直线运动的速度

匀变速直线运动的速度可由 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 式得:

$$v_t = v_0 + at \quad (1.4)$$

如果物体的初速度为零,即 $v_0 = 0$,则可化简为:

$$v_t = at \quad (1.5)$$

匀变速直线运动的速度图像是一条斜线,它的斜率就等于物体运动的加速度。图 1-4(a) 中的图线甲从原点出发,表示运动物体的初速度为零;图线乙不是从原点出发,表示初速度不为零。两条斜线都向上倾斜,表明物体都在做匀加速运动,但是由于斜率不同,因此二者的加速度并不相同。图 1-4(b) 中的斜线向下倾斜,表明物体在做匀减速运动。

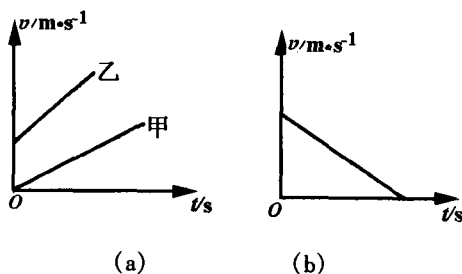


图 1-4 匀变速直线运动的速度图像

在匀变速运动中,因为加速度是恒定不变的,所以平均速度就等于初速度和末速度二者的平均值,即

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} \quad (1.6)$$

§ 4.4 匀变速直线运动的位移

匀变速直线运动的位移可由以上公式求得:

$$s = \bar{v}t = \frac{v_0 + v_t}{2}t = \frac{v_0 + (v_0 + at)}{2}t = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (1.7)$$

只要已知物体运动的初速度 v_0 和末速度 v_t (或者加速度 a),就可以求出物体经过任意一段时间 t 的位移。

从图 1-5 中不难看出,根据速度图像也可以求出任意一段时间 t 的位移 s 。因为速度斜线、时间直线 t 跟横轴和纵轴所围成的梯形面积就等于

$$s = v_0t + \frac{1}{2}(v_t - v_0)t = v_0t + \frac{1}{2}at \cdot t = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (1.8)$$

如果物体是从静止开始运动的,即 $v_0 = 0$,则(1.8)式即可简化为

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

另外,还可以推导出匀变速直线运动中的速度和位移之间的关系式:

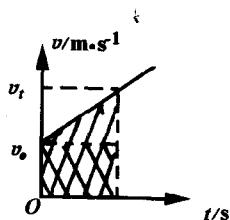


图 1-5

$$v_t^2 = (v_0 + at)^2 = v_0^2 + 2v_0at + a^2t^2$$

$$v_t^2 = v_0^2 + 2a(v_0t + \frac{1}{2}at^2)$$

$$v_t^2 = v_0^2 + 2as \quad (1.10)$$

利用(1.10)式,在物体运动的初速度 v_0 、末速度 v_t 、加速度 a 和位移 s 四个物理量中,只要已知其中的任意三个量,就可以方便地求出第四个量。

§ 4.5 自由落体运动

物体只在重力的作用下,从静止开始下落的运动叫做自由落体运动,它是初速度为零的匀加速直线运动。在地球上的同一地点,任何物体作自由落体运动时的加速度都相同,这个加速度叫做重力加速度,用 g 表示。

重力加速度的方向竖直向下,大小由实验测定。地球上的不同地点, g 的值略有不同。在一般计算中常取 $g = 9.8\text{m/s}^2$,粗略计算时可取 $g = 10\text{m/s}^2$ 。

如用 g 代替 a ,就可以得到自由落体运动的速度公式为

$$v_t = gt \quad (1.11)$$

而位移公式为

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1.12)$$

速度 - 位移公式为

$$v_t^2 = 2gh \quad (1.13)$$

此外,从离地面高度 H 处作自由落体运动的物体的落地速度为

$$v_{\text{地}} = \sqrt{2gH} \quad (1.14)$$

而落地所需的时间则为

$$t_{\text{地}} = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (1.15)$$

如图 1-6 所示,上列公式中的 H 是物体开始下落时的高度,而 h 则是物体下落的距离。

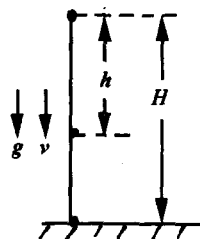


图 1-6 自由落体运动

§ 4.6 竖直抛体运动

把物体以一定的初速度沿竖直方向抛出(例如杂技运动员的抛球运动),当空气阻力可以忽略时,物体的这种运动就叫做竖直抛体运动,可以分为下列两种不同的情况。

1. 竖直下抛运动 当抛出的物体以初速度的方向竖直向下时,物体的运动就叫做竖直下抛运动。实际上,它是一个初速度不为零的匀变速直线运动。如果将物体下抛的初速度 v_0 的方向定为正方向,那么它和重力加速度 g 的方向相同,因此是一个初速度不为零的匀变速直线运动,它的运动公式可以直接得到,即

$$\text{速度公式为} \quad v_t = v_0 + gt \quad (1.16)$$

$$\text{位移公式为} \quad h = v_0t + \frac{1}{2}gt^2 \quad (1.17)$$

$$\text{速度位移公式为} \quad v_t^2 = v_0^2 + 2gh \quad (1.18)$$

同理,从离地面高度 H 处作竖直下抛运动的物体的落地速度应为

$$v_t = \sqrt{v_0^2 + 2gH} \quad (1.19)$$

而落地所需的时间则为

$$t_{\text{地}} = \frac{1}{g}(\sqrt{v_0^2 + 2gH} - v_0) \quad (1.20)$$

2. 竖直上抛运动 当抛出物体的初速度方向竖直向上时,物体的运动就叫做**竖直上抛运动**。但是由于这时初速度 v_0 的方向与重力加速度 g 的方向相反,因此它是一个**初速度不为零的匀减速直线运动**,同样地,它的运动公式也可以得到,即

$$\text{速度公式为} \quad v_t = v_0 - gt \quad (1.21)$$

$$\text{位移公式为} \quad h = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (1.22)$$

$$\text{速度—位移公式为} \quad v_t^2 = v_0^2 - 2gh \quad (1.23)$$

当竖直上抛的物体达到最高点 H 时,速度为零,即

$$v_{\text{最高}} = 0 \quad (1.24)$$

在速度公式中代入 $v_t = v_{\text{最高}} = 0$,便可得到物体上升到最大高度 H 所需的时间为

$$t_{\text{上}} = \frac{v_0}{g} \quad (1.25)$$

再在位移公式中代入 $t = t_{\text{上}} = \frac{v_0}{g}$,就可以得到竖直上抛物体所能达到的最大高度为

$$H = \frac{v_0^2}{2g} \quad (1.26)$$

当物体达到最高点后,由于继续受到重力的作用而开始作初速度为零的自由落体运动,有关的运动公式可以参阅 § 4.5 的诸式。

值得指出的是,竖直上抛运动可以分为上升和下落两个过程,并且这两个过程之间存在着十分密切的联系,进一步的分析指出,实际上这两个过程具有明显的“对称性”,这包括三个方面的内容:

(1) 上升过程和下落过程的时间相等,即

$$t_{\text{下}} = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{2 \times \frac{v_0^2}{2g} \times \frac{1}{g}} = \frac{v_0}{g} = t_{\text{上}} \quad (1.27)$$

(2) 上升的初速度与下落的末速度大小相等,但方向相反,即

$$v_{\text{末}} = \sqrt{2gH} = \sqrt{2g \times \frac{v_0^2}{2g}} = v_0 \quad (1.28)$$

(3) 在上升和下落的过程中,只要离地面的高度相同,或者说离最高点的距离相同,则上升的速度与下落的速度也一定大小相等,但方向相反,如图 1-7 所示。为方便起见,设上抛的初速度为 v_0 ,物体在离地面高度为 $h = \frac{H}{2}$ 时的上升速度应为

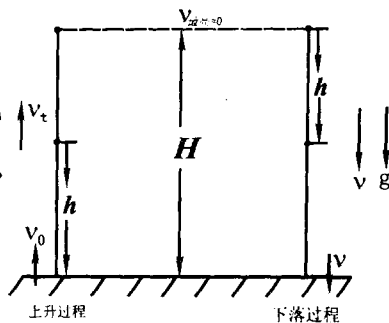
$$\begin{aligned} v_{\text{上}}^2 &= v_0^2 - 2gh = v_0^2 - gH = 2gH - gH = gH \\ v_{\text{上}} &= \sqrt{gH} \end{aligned} \quad (1.29)$$

而在下落运动中,该处离最高点的距离也为 $\frac{H}{2} = h$,故物体在该处的下落速度为

$$v_{\text{下}}^2 = 2gh = 2g \times \frac{H}{2} = gh$$

$$v_{\text{下}} = \sqrt{gH} = v_{\text{上}} \quad (1.30)$$

实际上,在上升和下落过程中的任何相同高度处,上升速度和下落速度的大小都一定相等,只是方向相反而已,这一结论在第四章中利用动能和势能的相互转换来加以分析讨论时,将会更加简明清晰。



例题及解析

图 1-7 竖直上抛运动

1. 甲、乙两列火车,甲车里的乘客看到路边的房屋匀速向西运动,乙车里的乘客看到甲车匀速向西运动,问:他们各自是以什么为参考系的?甲、乙两车相对于地面的运动情况如何?

解析 他们都是假定自己静止不动,是以自己为参考系的。如果以地面为参考系,则甲、乙两车都在匀速向东运动,并且 $v_{\text{乙}} > v_{\text{甲}}$ 。

2. 某人沿直线跑了 6km,开始 3km 的速度是 4m/s,后面 3km 的速度是 2m/s. 此人在全过程中的平均速度是多少?

解析 虽然此人在前、后两段路程中都做匀速直线运动,但从全过程来说却是做变速直线运动。

由匀速直线运动的公式,可先求出两段匀速直线运动的时间 t_1 和 t_2 :

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{3000}{4} \text{ s} = 750 \text{ s}$$

$$t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{3000}{2} \text{ s} = 1500 \text{ s}$$

再对全过程应用变速运动的平均速度公式,求得

$$\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} = \frac{6000}{750 + 1500} \text{ m/s} = 2.67 \text{ m/s}$$

这就是某人在全过程中的平均速度。

因为本例不是匀变速直线运动,所以不能用公式 $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ 求解。

事实上,本题无需知道全过程的距离,也同样可以求解。设全程为 s ,则有

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{\frac{s}{2}}{v_1} = \frac{s}{2v_1} \quad t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{\frac{s}{2}}{v_2} = \frac{s}{2v_2}$$

代入平均速度公式即可得

$$\bar{v} = \frac{s}{t_1 + t_2} = \frac{s}{\frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2v_2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = \frac{2 \times 4 \times 2}{4 + 2} \text{ m/s} = 2.67 \text{ m/s}$$

3. 物体做匀变速直线运动,速度在 2s 内由 20m/s 变为 16m/s,则物体加速度的大小是多少?方向呢?如物体运动的初速度为 40m/s,则物体到速度为零时所经过的路程又是多少?

解析 按照题意,可将各数值代入匀变速直线运动的加速度公式,即得

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{16 - 20}{2} \text{ m/s}^2 = -2 \text{ m/s}^2$$

所求得的加速度是负值,说明加速度的方向与初速度的方向相反,物体做匀减速直线运动。

又当 $v_t = 0$ 时,将 $v_0 = 40 \text{ m/s}$, $a = -2 \text{ m/s}^2$ 代入速度 - 位移公式

$$\text{可得 } s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - 40^2}{2(-2)} \text{ m} = 400 \text{ m}$$

4. 物体做初速度为零的匀加速直线运动,第4s内的平均速度是 14 m/s . 物体在第2s内的位移是多少?第4s末的速度是多少?

解析 解本题的关键是正确使用平均速度的公式,即

$$\bar{v} = \frac{s_4 - s_3}{t_4 - t_3} = \frac{\frac{at_4^2}{2} - \frac{at_3^2}{2}}{t_4 - t_3} = \frac{a(t_4 + t_3)}{2} = \frac{7a}{2}$$

由此解得加速度为

$$a = \frac{2\bar{v}}{7} = \frac{2 \times 14}{7} \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$$

第2秒内的位移是 $t_1 = 1 \text{ s}$ 到 $t_2 = 2 \text{ s}$ 时间内的位移,即

$$s = s_2 - s_1 = \frac{a(t_2^2 - t_1^2)}{2} = \frac{3a}{2} = \frac{3 \times 4}{2} \text{ m} = 6 \text{ m}$$

第4秒末的速度为

$$v_4 = at_4 = 4a = 4 \times 4 \text{ m/s} = 16 \text{ m/s}$$

5. 甲、乙两物体从同一地点朝同一方向运动,乙做匀速直线运动,速度是 5 m/s ,乙开始运动 40 s 后,甲开始做初速度为零的匀加速直线运动追赶乙,加速度的大小是 0.5 m/s^2 ,求:
(1) 甲经过多长时间追上乙?此时甲的速度多大?(2) 甲、乙在什么时刻距离最远?这个最大距离是多少?

解析 甲、乙两物体的运动情况不同,互相关联之处在于通过的位移相同。在甲追赶乙的过程中,当甲的速度等于乙的速度时二者之间的距离最大。

(1) 乙开始运动 40 s 后,乙距甲 $s_1 = vt_1 = 5 \times 40 \text{ m} = 200 \text{ m}$

设甲运动时间 t_2 时追上乙,在 t_2 时间内,乙运动的距离为 $s_2 = vt_2 = 5t_2$

甲运动的距离为 $s = s_1 + s_2 = 200 + 5t_2 = \frac{1}{2}at_2^2$

即 $t_2^2 - 20t_2 - 800 = 0$,解得 $t_2 = 40 \text{ s}$ (另一解 t_2 为负值,不合理,故舍去)

这时甲的速度

$$v' = at_2 = 0.5 \times 40 \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

(2) 甲以 $a = 0.5 \text{ m/s}^2$ 的加速度运动,速度达到 $v = 5 \text{ m/s}$ 时所需要的时间

$$t_3 = \frac{v}{a} = \frac{5}{0.5} \text{ s} = 10 \text{ s}$$

这时甲、乙之间的距离为最大值:

$$s_m = s_1 + vt_3 - \frac{1}{2}at_3^2 = (200 + 50 - 25) \text{ m} = 225 \text{ m}$$

6. 电梯从一楼开始以加速度 a_1 匀加速上升, 速度达到 v 后又匀速上升一段距离, 最后以加速度 a_2 做匀减速运动到达顶层停止运动, 上升的总高度为 H . 求电梯完成上述运动过程总共用多少时间.

解析 电梯上升分成三个阶段: 先做匀加速运动, 加速度为 a_1 , 经过时间 t_1 速度达到 v ; 第二阶段以速度 v 匀速上升一段时间 t_2 ; 第三阶段以初速度为 v 、加速度为 a_2 做匀减速运动, 总共经历时间为 t . 如果用运动学公式进行计算, 过程比较复杂, 若用图像法则比较简单.

作出 $v-t$ 图像如图 1-8 所示, 电梯上升的总高度(位移)应是图线下面所围的梯形“面积”的大小:

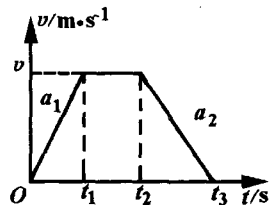


图 1-8

$$\text{面积} = \frac{1}{2}(\text{上底} + \text{下底}) \times \text{高}$$

$$\text{即 } H = \frac{1}{2}[(t_2 - t_1) + t]v \quad (1)$$

$$\text{即 } a_1 = \frac{v}{t_1}, \text{ 匀加速上升时的加速度大小用图线的斜率表示,}$$

故

$$t_1 = \frac{v}{a_1} \quad (2)$$

$$\text{同理, 匀减速上升时的加速度 } a_2 = \frac{v}{t - t_2}, \text{ 故 } t - t_2 = \frac{v}{a_2}, \text{ 则 } t_2 = t - \frac{v}{a_2} \quad (3)$$

$$\text{将 (2)、(3) 二式代入 (1) 式: } H = \frac{1}{2}[(t - \frac{v}{a_2} - \frac{v}{a_1}) + t]v$$

经过整理得

$$t = \frac{H}{v} + \frac{v}{2}(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2})$$

7. 以 12m/s 的速度行驶的汽车, 紧急刹车后加速度的大小是 5m/s^2 , 求刹车后 6s 内的位移.

解析 据已知条件, 如果用公式 $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ 求位移, 则

$$s = 12 \times 6\text{m} + \frac{1}{2} \times (-5) \times 6^2\text{m} = -18\text{m}$$

位移为负值表示汽车倒退, 这是不合理的, 原因是汽车从刹车开始经过时间 $t = \frac{0 - v_0}{a}$
 $= \frac{0 - 12}{-5}\text{s} = 2.4\text{s}$ 后就已经停下来了, 即在 6s 的时间内, 汽车并不是一直在作匀减速运动, 从 2.4s 以后就处于静止状态了.

正确的解法可根据公式 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$ 求得:

$$s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - 12^2}{2 \times (-5)}\text{m} = 14.4\text{m}$$

或用

$$s = v_0 t_{\text{停}} - \frac{1}{2}at_{\text{停}}^2 = 12 \times 2.4\text{m} - \frac{1}{2} \times (-5) \times 2.4^2\text{m} = 14.4\text{m}$$

8. 火车以 72km/h 的速度在平直轨道上行驶,司机忽见前方 200m 处有一头牛跑上铁轨,紧急刹车后,火车以 0.4m/s^2 的加速度作匀减速运动,火车通过这段距离需用多长时间?

解析 以初速度方向为正,则 $v_0 = 72\text{km/h} = 20\text{m/s}$, $a = -0.4\text{m/s}^2$, 由 $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ 可得

$$200 = 20t - \frac{1}{2} \times 0.4t^2$$

解方程可得: $t_1 = 89\text{s}$, $t_2 = 11\text{s}$

究竟应该取 t_1 、 t_2 中的哪个值?此时就得先看火车刹车到停止运动共用多少时间。因 $v_t = 0$, 用公式 $v_t - v_0 = at$ 得 $t = 50\text{s}$, 所以取 $t_1 = 89\text{s}$ 显然是不合理的,应该取 $t_2 = 11\text{s}$ 。

9. 沿光滑斜面向上滚动的小球,通过 A 点时的速度为 20cm/s,经 2s 后减为 10cm/s,试问:

- (1) 小球的加速度多大?
- (2) 小球从 A 点向上滚动 30cm 需多少时间?
- (3) 通过 A 点后 5s,小球的速度是多少?
- (4) 小球在这 5s 内通过的位移和路程各是多少?

解析 小球沿光滑斜面向上滚动是作匀减速运动,加速度的方向沿斜面向下;到达最高点后,由于受力情况不变,加速度也不变,小球即开始向下滚动,设沿斜面向上的方向为正方向。

(1) 小球加速度 $a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{10 - 20}{2} = -5\text{m/s}^2$, 负号说明加速度沿斜面向下。

(2) 设小球自 A 点向上滚动 30cm 所需的时间为 t_1 , 由 $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$, 将数据代入后得 $30 = 20t - \frac{1}{2} \times 5 \times t^2$, 由此可解得 $t_1 = 2\text{s}$, $t_2 = 6\text{s}$, 其中 6s 是小球滚到最高点后又回到 A 点的时间, 所以向上滚动 30cm 的时间为 2s。

(3) 5s 末的速度为 $v_5 = v_0 + at_5 = (20 - 5 \times 5)\text{cm/s} = -5\text{cm/s}$, 负号表示沿斜面向下。

(4) 5s 内的位移为 $s_5 = v_0 t_5 + \frac{1}{2}at_5^2 = 20 \times 5\text{cm} - \frac{1}{2} \times 5 \times 5^2\text{cm} = 37.5\text{cm}$

5s 内的路程为向上滚动的距离(即由 A 点到最高点的距离)与由最高点向下滚动的距离之和, 上升到最高点所需的时间 $t_{\text{上}} = \frac{v_0}{a} = \frac{20}{5} = 4\text{s}$, 向上通过的路程因小球没有向下运动, 故与位移相等, 即

$$s_{\text{上}} = v_0 t_{\text{上}} + \frac{1}{2}at_{\text{上}}^2 = 20 \times 4\text{cm} - \frac{1}{2} \times 5 \times 4^2\text{cm} = 40\text{cm}$$

到达最高点后向下滚动的的时间 $t_{\text{下}} = 5 - 4 = 1\text{s}$, 它通过的路程为

$$s_{\text{下}} = \frac{1}{2}at_{\text{下}}^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 1^2\text{cm} = 2.5\text{cm}$$

则 5s 内通过的路程为 $s_{\text{上}} + s_{\text{下}} = 40\text{cm} + 2.5\text{cm} = 42.5\text{cm}$

10. 以 4m/s 的速度从地面上竖直匀速上升的气球,第 3s 从末气球上落下一个物体,取 $g = 10\text{m/s}^2$, 则物体能上升的最大高度为多少?物体离开气球后,经多少时间落到地面?

解析 以从气球中落下的物体为研究对象,它的运动过程可以分为两个阶段,即随气

球匀速上升的阶段和离开气球作匀减速运动的阶段,如图1-9所示。(1) 匀速上升阶段:已知物体随气球以 $v_0 = 4\text{m/s}$ 的速度匀速上升的时间为 $t_0 = 3\text{s}$,故物体离开气球时距离地面的高度为

$$h_1 = v_0 t_0 = 4 \times 3\text{m} = 12\text{m} \quad ①$$

(2) 匀减速运动阶段 设物体离开气球后所能上升的最大高度为 h_2 ,从离开气球到落回地面所需的时间为 t ,且指定向上的方向为正,则有

$$h_2 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4^2}{2 \times 10}\text{m} = 0.8\text{m} \quad ②$$

自离开气球直至落地的位移为 $-h_1$,故有

$$-h_1 = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \quad ③$$

代入数值并移项后可得 $5t^2 - 4t - 12 = 0$

解二次方程,得 $t_1 = 2\text{s}$, $t_2 = -1.2\text{s}$ (因为 t_2 负值无意义,故舍去。)

故物体离开气球后能上升的最大高度为 0.8m ,落地所需的时间为 2s 。

注意 解运动学的问题时要记住下列几点:划分运动过程、分析运动过程是基础;找出运动过程的始末状态是关键;画好草图是解题的基本方法;按草图确定过程的运动性质、选定运动规律是重点;对多过程、多个研究对象找出相互之间的关系是难点;最后列方程时还要注意方向,因为位移、速度、加速度三个物理量都是有方向的。掌握了以上几点,就没有解决不了的问题。

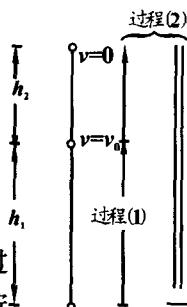


图 1-9

习 题

1.3 秒内,第3秒末,第3秒内这三种说法

()

(A) 都一样

(B) 不都一样

(C) 都不一样

(D) 无法确定

2. 某时刻质点的速度是 5m/s 向西,经过2秒钟,质点的速度成为 5m/s 向北,则在这2秒内它的平均加速度的大小是

()

(A) $\sqrt{2} \cdot 5\text{m/s}^2$

(B) 0

(C) 5m/s^2

(D) $\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 5\text{m/s}^2$

3. 几个做匀加速直线运动的物体,运动 t 秒后,则

()

(A) 受力大的那一个物体走过的路程一定长

(B) 初速度大的那一个物体走过的路程一定长

(C) 末速度大的那一个物体走过的路程一定长

(D) 平均速度大的那一个物体走过的路程一定长

4. 关于速度和加速度的关系,以下说法正确的是

()

(A) 物体的速度增大,则加速度一定增大

(B) 物体的加速度减小,则速度一定减小

(C) 物体运动时,可以速度改变而加速度不变

(D) 物体运动时,可以速度不变而加速度改变

5. 物体以初速度 v_0 沿不光滑的斜面向上滑行, 经过时间 t_1 到达轨迹的最高点。然后, 从轨迹的最高点由静止沿这个斜面下滑, 又经过时间 t_2 返回到出发点, 则 ()

- (A) $t_1 > t_2$ (B) $t_1 = t_2$ (C) $t_1 < t_2$ (D) 条件不足, 无法判断

6. 物体从距地面 h 高处自由下落, 当它经过距离地面 $\frac{h}{2}$ 高的位置时, 速度是 _____; 当它的速度是落地速度的一半时, 经过的位置距地面的高度是 _____。

7. 三个做匀加速直线运动的质点, 其速度图像如图 1-10 所示, 则 t_0 时刻加速度最小的是质点 _____, 加速度最大的是质点 _____, 速度最小的是质点 _____, 速度最大的是质点 _____。

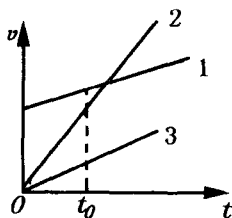


图 1-10

8. 做匀加速直线运动的物体, 测得过 A 点时的速度为 v_1 , 过 B 点时的速度为 v_2 , 且 $v_2 > v_1$, 则通过 AB 中点时的速度是 _____, 通过 AB 两点所用时间的中间时刻的速度是 _____。

9. 图 1-11 为某汽车直线运动的 _____ 图线, 从图中可看出汽车的初速度为 _____, 末速度为 _____, 汽车在前 10s 内的位移为 _____, 在 50s 内的总位移为 _____。

10. 某人骑自行车沿一坡路下行, 车在坡顶时的速度是 1m/s , 他先以 0.5m/s^2 的加速度行驶 4s, 然后又匀速行驶 4s 到达坡底, 这个坡的长度为 _____ m; 自行车匀速行驶的速度为 _____ m/s; 自行车在这段时间内的平均速度是 _____ m/s。

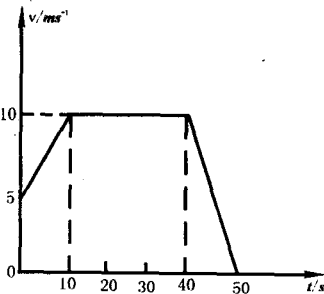


图 1-11

11. 物体由静止开始做匀加速直线运动, 经 6 秒钟速度达到 3m/s , 接着匀速前进 3 秒钟, 再以 0.6m/s^2 的加速度做匀减速运动, 直到停止。求在 20 秒内物体通过的位移是多大?

12. 飞机着陆后经 10 秒速度减为一半, 运动了 450m 。求: ① 着陆前的飞行速度; ② 着陆后 30 秒运动的距离。

13. 一物体做匀加速直线运动, 初速度为 0.5m/s , 加速度为 0.1m/s^2 , 则该物体在第 4 秒内的位移和平均速度各是多少?

14. 一辆汽车从一座桥开往某地, 先以 5.0m/s 的速度匀速行驶了 5.0min , 接着以 0.25m/s^2 的加速度匀加速行驶了 20s, 恰好路过一座塔, 问汽车路过这座塔时的速度是多大? 塔离桥多远?

15. 一物体从某位置开始做匀加速直线运动, 经过 $t_1 = 5\text{s}$ 后通过的位移为 $s_1 = 10\text{m}$, 再经过 $t_2 = 5\text{s}$ 后又通过了位移 $s_2 = 20\text{m}$, 求: (1) 物体运动的加速度 a ; (2) 物体的初速度 v_0 。