



新华传媒
XINHUA MEDIA



读交大之星 圆名校之梦

高中物理

重点难点18讲

华东师大二附中
吴一敏 编著

18

V19



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



高中物理

重点难点 18 讲

吴一敏 编著

上海交通大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

高中物理重点难点 18 讲/吴一敏编著. —上海: 上海交通大学出版社, 2013

(交大之星)

ISBN 978-7-313-10773-2

I. ①高… II. ①吴… III. ①中学物理课—高中—教学参考资料 IV. ①G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 321343 号

高中物理重点难点 18 讲

编 著: 吴一敏

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 韩建民

印 制: 上海春秋印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

字 数: 385 千字

版 次: 2014 年 1 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-10773-2/G

定 价: 35.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 15.75

印 次: 2014 年 1 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 021-63812710

前 言

许多高中学生都以为高中物理“难学”。其实,只要把高中物理和初中物理加以区别,使这种区别在学习过程中体现,那么你已经成功了一半;成功的另一半则需要具备坚韧不拔的毅力和帮助你释要解难的参考书。本书涉及高中物理所有的知识重点和难点,愿它能成为你成功的好帮手。

编 者

于华东师大二附中

目 录

第 1 讲 直线运动	1
1. 运动的描述 匀速直线运动	1
2. 匀变速直线运动	4
3. 自由落体运动 竖直上抛运动	9
第 2 讲 力 物体的平衡	18
4. 力	18
5. 力的合成与分解	20
6. 共点力作用下物体的平衡	22
第 3 讲 牛顿定律	33
7. 对牛顿三定律的理解	33
第 4 讲 有固定转动轴物体的平衡	48
8. 有固定转动轴物体的平衡	48
第 5 讲 曲线运动	60
9. 运动的合成与分解	60
10. 平抛运动	62
11. 圆周运动	65
第 6 讲 天体运动	76
12. 天体运动	76
第 7 讲 功和能	82
13. 功	82
14. 功率	85
15. 机械能	87
16. 功和能	92





第 8 讲 机械振动与机械波	102
17. 简谐振动	102
18. 机械波	106
第 9 讲 气体	114
19. 气体	114
第 10 讲 电场	128
20. 电场力的性质	128
21. 电场能的性质	131
22. 带电粒子在电场中的运动	134
第 11 讲 电路	141
23. 电路的分析	141
第 12 讲 磁场	153
24. 磁场力	153
第 13 讲 电磁感应	161
25. 磁通量	161
26. 电磁感应	162
27. 电磁感应与电学的联系	168
28. 电磁感应与力学及能量的联系	170
第 14 讲 光学	185
29. 光学	185
第 15 讲 原子物理	191
30. 原子物理	191
第 16 讲 实验	197
第 17 讲 开放性实验	211
第 18 讲 图像、极值、临界问题	221
参考答案	233

第1讲 直线运动

自然界是一个物质的世界,物质世界又是在永恒地运动着。自然界形形色色、千变万化的现象,都是物质运动的表现。因此,在自然界中没有不运动的物质,也没有能够和物质相脱离的运动。

运动就最一般的意义来说,是物质存在的形式及其固有属性。它包括宇宙中发生的一切变化和过程,从简单的位置变动到复杂的思维活动。运动是一切运动形式的总和。

物理学所研究的是物质运动最基本、最普遍的形式,它包括机械运动、分子热运动、电磁与光的运动、原子和原子核内部的运动等。机械运动是物体之间或物体各部分之间,相对位置发生改变的过程,即物体的空间位置随时间的变化。它是自然界最简单的运动形式。这类基本运动形式所对应的物质层次不仅有一切物体,而且有微观粒子。所以物体机械运动的规律,是整个物理学的起点与基础。



知识梳理

1. 运动的描述 匀速直线运动

1) 参照物的选择

为描述物体的运动而选的标准物(假定为不动的物体)叫做参照物。不同的参照物对同一物体运动情况的描述是不同的,在描述物体的运动时,一定要指明是相对哪一个参照物而言的。参照物的选择是任意的,可视研究问题的方便而选择。一般来说,在研究地面物体的运动时,通常选取地面或地面上的物体做参照物。

2) 质点

任何物体都有一定的大小和形状。物体在运动时,各部分的运动情况是不同的,但在研究物体的某一运动时,若它的大小和形状可以忽略,就可以把物体当做一个有一定质量的几何点看待,这样的点通常叫做质点。质点是力学中的一个由科学抽象而得出的概念,是为了简化对物体运动的研究而引入的一种理想模型。物体是否能被视为质点,与物体的大小并无关系。必须指出,把物体当做质点是有条件的、相对的,对具体情况要作具体分析。同一个物体,有时可视为质点,有时却不能视为质点。例如,在研究地球绕太阳的公转时,可以把地球看做质点,在研究地球本身的自转时,地球上各点的运动情况就大不相同,这时就不能再把地球当做质点处理了。

3) 时间和时刻

在研究物体的运动时,常要用到时间和时刻。在时间轴上,如图 1-1 所示,每一个点表示一个时刻,时刻没有长短,只有先后,它是一个序数,表明不同事件发生的次序。时间轴上相应两个时刻之间的间隔长短,表示一段时间,时间是一个只有大小没有方向的物理量。所以时间与时刻是两个不同的概念,习惯上,

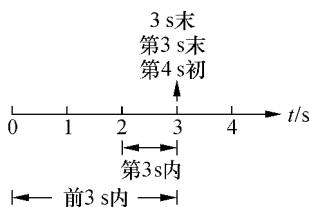


图 1-1

把短暂到几乎接近于零的时间叫瞬时或即时。

在实际应用中,我们要注意各时间和时刻的表示法。如“3 s 末”“第 3 s 末”和“第 4 s 初”都是指同一时刻,在图 1-1 的轴上都是指“3”这一点。“前 3 s 内”是指轴上“0”至“3”的间隔,第 3 s 内也是指轴上从“2”至“3”的间隔。

4) 位移和路程

描述物体在运动过程中,从空间的一个位置,运动到另一个位置的位置变化,称为物体在运动过程中发生的位移。描述物体在运动过程中,从空间的一个位置运动到另一个位置的实际轨迹,称为物体在运动过程中通过的路程。位移和路程是两个不同的物理量。在图 1-2 中,物体从 A 运动到 B,轨迹可以是直线 AB,弧线 $\widehat{AmB}$,或曲线 $\widehat{AnB}$ 。三条路径的路程是不同的,但三种不同情况下位移都是 AB,即由起始位置 A 指向末位置 B 的有向线段。线段的箭头表示位移的方向,线段的长度表示位移的大小。位移是一个既有大小,又有方向的矢量;而路程是一个只有大小,没有方向的标量。

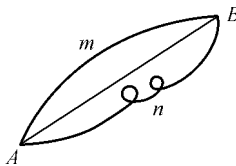


图 1-2

在直线运动中,若质点向某一方向运动而没有往复,质点的位移与路程的数值是相同的;若质点的运动有往复时,位移和路程则不相等。例如竖直上抛的物体,当其回到抛出点时物体所通过的路程是它所到达高度的二倍,而位移却为零。

在曲线运动中,质点通过的路程和位移不相同。例如质点沿半径为 R 的圆做圆周运动,当它转了半圈时,通过的位移的大小是 $2R$,而通过的路程则是 πR 。

5) 匀速直线运动

在任意相等的时间内通过的位移都相等的直线运动称为匀速直线运动。公式表示为 $s = vt$,也可以用速度-时间图像或位移-时间图像描述。

一个做直线运动的物体,在相等时间里位移相等,这个物体的运动不一定是匀速运动。例如,在前 1 s, 2 s, 3 s, ... 内的位移是 10 m, 20 m, 30 m, ... 的运动物体,粗看起来,相邻的每 1 s 内的位移都是 10 m,应是匀速运动。但是在每一秒内物体是否是匀速运动就不得而知,所以要注意匀速直线运动的定义中“任意”两字的理解。

位移-时间图像简称位移图像,表示物体位移和时间的关系。要注意位移图像不是物体运动的轨迹图像。物体运动的位移和时间成正比,说明该物体在做匀速直线运动,此时斜率就等于运动速度的大小即 $\tan \theta = \frac{s}{t} = v$ 。可见 θ 越大,物体运动的速度越大; θ 越小,物体运动的速度越小;在用图线的斜率表示速度的大小时,在同一幅图中比较才有意义。若是两幅图,位移标度相同,时间标度取得不一样,如图 1-3 所示,它们的倾角不同, $\alpha_2 > \alpha_1$,但两者却有相同的速度。所以这时不能说直线 OP 的倾角越大,速度也一定越大。

速度-时间图像简称速度图像,表示物体在不同时刻速度的大小。从速度图像中还可以求出物体运动的位移,即速度图线和横轴间所围的面积数值就等于位移的数值,不但匀速直线运动的速度图线有此性质,则其他运动的速度

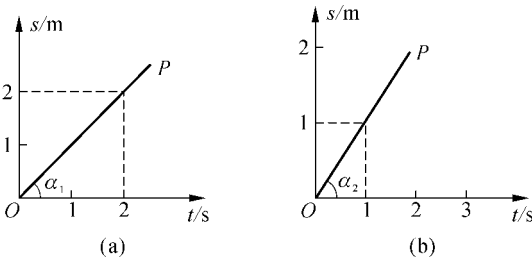


图 1-3



图线也有这种性质。



例题点拨

【例 1】 一位同学操纵一辆玩具遥控小汽车,在操场中以 4 m/s 的速度向前运动, 5 s 后遇到一障碍物,花了 2 s 在原地掉头,然后沿原路匀速返回, 4 s 后恰回到原出发点。试画出玩具小汽车在这段时间内的速度图像和位移图像。

【解析】 首先分析该小车在各个时间段里的运动情况。以小汽车开始运动时间作为计时起点,并以出发点为原点,在前 $t_1 = 5 \text{ s}$ 的过程中,它的运动速度 $v_1 = 4 \text{ m/s}$,其位移 $s_1 = v_1 t_1 = 4 \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}$ 。在第 $6 \text{ s} \sim 7 \text{ s}$ 时,它的速度 $v_2 = 0$,位移不变。在返回出发点的时间 $t_2 = 4 \text{ s}$ 的过程中,小汽车做匀速运动,并恰好回到原出发点,则它的运动速度大小 $v_2 = \frac{s_1}{t_2} = \frac{20}{4} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$,方向与 v_1 的方向相反。根据以上分析,就可画出小汽车的速度图像和位移图像。如图 1-4 为遥控小汽车的速度图像;图 1-5 为遥控小汽车的位移图像。

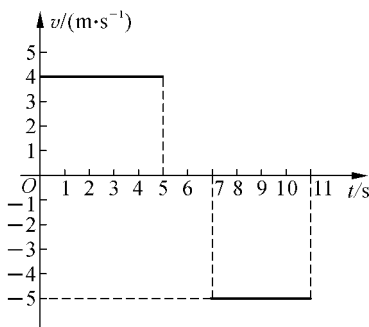


图 1-4

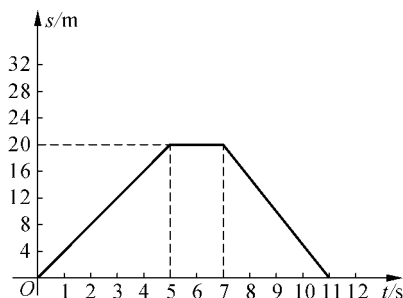


图 1-5

【例 2】 一列火车以 10 m/s 的速度驶向一全长为 100 m 的隧道,隧道内有一检修工处在离隧道左端 60 m 处。当他发现列车时,列车已行至离隧道右端 100 m 处。如检修工奔跑的速度是 4 m/s ,问他该向隧道的哪一端奔跑,才能安全地离开隧道(见图 1-6)?

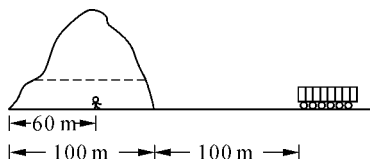


图 1-6

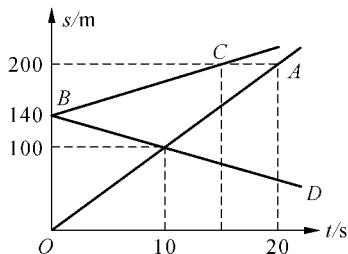


图 1-7

【解析】 以检修工发现火车时刻开始计时,假定他此时开始奔跑,并以这时火车头所在处为坐标原点,作出检修工和火车的位移-时间图像如图 1-7 所示。图中 OA 为火车的运动图线, BC 为工人向左端奔跑的运动图像, BD 为工人向右端奔跑的运动图线。由图

中可知,向左跑到隧道口用时 15 s,向右跑到隧道口用时 10 s,而火车开到隧道右端需 10 s,正好与检修工相遇,火车开到隧道左端需时 20 s,用时比检修工跑的时间要多 5 s,所以检修工向左跑是安全的。



知识梳理

2. 匀变速直线运动

1) 加速度与速度、速度的变化量

加速度是表示物体速度变化快慢的物理量,加速度与速度没有必然的联系。在直线运动中,加速度方向与速度方向一致时,物体做加速运动;加速度方向与速度方向相反时,物体做减速运动。在曲线运动中,加速度方向与速度方向则互成角度,且加速度的方向总是指向曲线的凹侧。就大小而言,加速度很大,物体的速度不一定很大。反之,加速度很小,甚至为零,物体的速度可以很大。

速度的变化量等于物体的末速度与初速度的矢量差,即 $\Delta v = v_t - v_0$ 。速度的变化量 Δv 应有三种情况:①速度大小有变化;②速度方向有变化;③速度的大小和方向都变化。

由加速度的定义可知,加速度的方向即速度变化的方向,加速度的大小不仅决定于速度的变化量,还同时决定于发生速度变化的时间。速度变化量大,并不一定加速度大;速度变化量小,也并不一定加速度小。例如,物体增速很大,但增速所花的时间很长,则物体的加速度就不大;物体增速不大,但增速所花的时间极短,则物体的加速度就会很大。

2) 匀变速直线运动

在相等的时间内速度变化相等的直线运动称为匀变速直线运动。其特点是加速度不变。

(1) 基本规律有:

速度公式

$$v_t = v_0 + at$$

位移公式

$$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

上述两个公式中共涉及五个物理量,除时间 t 是标量外,其余的都是矢量,正确地确定矢量的方向,是应用这些公式的关键所在。所有矢量都在一直线上,可能的方向只有两个。如果规定了正方向,就可用正、负号来表示这些矢量的方向了。与正方向一致的取“+”号,与正方向相反的取“-”号代入,未知量皆以正值代入,最后根据计算结果的正负确定实际方向。如果是正值则与规定的正方向一致,负值则与规定的正方向相反。

适用条件:参照物相同与固定观察者配套;

相同的坐标系(原点、正方向、单位);

统一的国际单位;

计时起点一致;

矢量表示法——正方向规定与正方向配合。

(此规定也适用所有运动矢量的运算)

(2) 两个推论:

速度和位移的关系:

$$v_t^2 - v_0^2 = 2as$$



匀变速运动的平均速度: $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$

(3) 一些有用公式:

做匀变速直线运动的物体在一段时间内的平均速度等于这段时间的中间时刻的瞬时速度:

$$v_{t/2} = \frac{1}{2}(v_0 + v_t) = \bar{v}_t$$

做匀变速直线运动的物体在一段位移 s 中点位置的瞬时速度:

$$v_{s/2} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2}{2}}$$

匀变速直线运动的任意两个连续相同的时间间隔(T)内的位移之差是恒量:

$$s_n - s_{n-1} = aT^2$$

瞬时速度: $v_n = \frac{s_n + s_{n+1}}{2T}$

(4) 在初速度为零的匀加速直线运动中,有以下公式:

$$v_t = at \quad s = \frac{1}{2}at^2 \quad v_t^2 = 2as$$

第 t 末瞬时速度之比: $v = at \Rightarrow v_1 : v_2 : v_3 : \dots : v_t = 1 : 2 : 3 : \dots : n$

各 t 末前 n s 内位移之比: ($1t$ 内, $2t$ 内, $3t$ 内, $\dots$, nt 内)

$$s = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow s_1 : s_2 : s_3 : \dots : s_t = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots : n^2$$

各 t 内通过位移之比: (第一个 t 内, 第二个 t 内, $\dots$, 第 n 个 t 内)

$$s_n = \frac{1}{2}at_n^2 - \frac{1}{2}at_{n-1}^2 \Rightarrow s_I : s_{II} : s_{III} : \dots : s_n = 1 : 3 : 5 : \dots : (2n-1)$$

通过连续相等位移所用时间之比:

若 $s_1 = s_2 = s_3 = \dots = s_n$ 则

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

注意: 以上四个公式适用于匀加速运动且初速度必须为零, 对于初速度不为零的匀加速运动和匀减速运动, 都不能用以上公式解决问题。

3) 用图像描述匀变速直线运动的运动规律

用图像研究运动问题有时不仅直观而且十分简便, 由运动图像确定物体的运动情况, 首先应看清图像坐标轴特别是纵轴的物理意义, 其次应抓住图线各特征的物理意义, 下面几点尤其要正确把握:

(1) 位移-时间图像($s-t$ 图)表示物体的位移随时间变化的规律, 而不是物体的运动轨迹。图线上某点对应于物体在某一时刻的位移值, 一段直线或曲线对应于一个运动过程。图线的斜率 $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ 即为物体的速度。其 $s-t$ 图为倾斜直线, 直线越陡, 表示速度越大; 当物体做变速直线

运动时,由于速度改变,图线的斜率也在改变,故变速直线运动的 $s-t$ 图是曲线;曲线上某点切线的斜率对应于物体在某一时刻的瞬时速度;不论是匀速直线运动还是变速直线运动,斜率为正表示物体向正方向运动,斜率为负表示物体向反方向运动。

(2) 速度-时间图像($v-t$ 图)表示物体的速度随时间变化的规律。图线上一个点对应于一个运动状态,一段直线或曲线对应一个运动过程,图线的斜率 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 表示物体的加速度。物体做匀变速直线运动时,速度随时间均匀变化,斜率恒定,其 $v-t$ 图为倾斜直线,图线越陡表示运动的加速度越大;物体做变加速直线运动时,由于加速度大小改变,图线的斜率也在改变,故变加速直线运动 $v-t$ 图是曲线;如果图线在 t 轴上方,图线斜率为正表示物体做加速运动,斜率为负表示物体做减速运动;如果图线在 t 轴下方,则正好相反。

(3) $v-t$ 图中,图线与 t 轴间所围的面积表示物体在某段时间内发生的位移,在 t 轴上方的面积表示正位移,在 t 轴下方的面积表示负位移,某段时间内的总位移应是各分位移的代数和。

4) 追及与相遇问题

大致分以下几种情况:

(1) 匀减速物体追赶同向匀速物体时,恰能追上或恰好追不上的临界条件(时空条件):即将靠近时,追赶者速度等于被追赶者速度(即当追赶者速度大于被追赶者速度时能追上;当追赶者速度小于被追赶者速度时,追不上)。

(2) 初速为零的匀加速追赶同向匀速物体时,追上前两者具有最大距离的条件:追赶者速度等于被追赶者速度(追上前若追赶者速度小于被追者速度,二者间距离将增大,反之,两者距离将减小)。

(3) 追赶物体 A 与被追赶物体 B 的位移和时间都有确定的关系:同时同地出发的两物体,再相遇时,两者位移相等,运动时间相等;追赶物体 A 与被追赶物体 B 运动开始相距为 Δs ,当追上时,位移关系为: $s_A = s_B + \Delta s$;时间相差为 Δt ,当追上时,时间关系为: $t_A = t_B - \Delta t$ 。

(4) 两物体相遇时处于同一位置,所以相向运动的两物体位移大小之和等于开始两物体之间的距离。



例题点拨

【例 3】 一物体做匀加速直线运动,在第 4 s 内和第 8 s 内通过的位移分别是 17 m 和 25 m,求该物体的初速度和加速度各是多大?

【解析】 由逐差法

$$a = \frac{s_8 - s_4}{4t^2} = \frac{25 - 17}{4 \times 1^2} = 2 \text{ m/s}^2$$

$$v_{3.5} = \frac{s_4}{t} = \frac{17}{1} = 17 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{v_{3.5} - v_0}{3.5}$$

$$v_0 = v_{3.5} - 3.5a = 10 \text{ m/s}$$



【例4】 一滑块从斜面顶端由静止开始匀加速下滑,第5 s末的速度是6 m/s,试求:(1)第4 s末滑块的速度;(2)出发后7 s内滑块的位移;(3)第3 s内滑块的位移。

【解析】 滑块做初速度为零的匀加速直线运动,由比例关系进行计算。

(1) 滑块在第4 s末与第5 s末的速度之比为

$$\frac{v_4}{v_5} = \frac{4}{5}$$

得
$$v_4 = \frac{4}{5}v_5 = \frac{4}{5} \times 6 \text{ m/s} = 4.8 \text{ m/s}$$

(2) 滑块在第1 s末与第5 s末的速度之比为

$$\frac{v_1}{v_5} = \frac{1}{5}$$

得
$$v_1 = \frac{1}{5}v_5 = \frac{1}{5} \times 6 \text{ m/s} = 1.2 \text{ m/s}$$

滑块在第1 s内的位移

$$s_1 = \frac{v_0 + v_1}{2}t_1 = \frac{0 + 1.2}{2} \times 1 \text{ m} = 0.6 \text{ m}$$

滑块在1 s内与7 s内的位移之比为

$$\frac{s_1}{s_7} = \frac{1}{49}$$

得
$$s_7 = 49s_1 = 49 \times 0.6 = 29.4 \text{ m}$$

(3) 滑块在第3 s内、第1 s内的位移之比为

$$\frac{s_{\text{III}}}{s_1} = \frac{5}{1}$$

得
$$s_{\text{III}} = 5s_1 = 5 \times 0.6 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

【例5】 一个物体以某一初速度 v_0 开始做匀减速直线运动直至停止,其总位移为 s 。当其位移为 $\frac{2}{3}s$ 时,所用时间为 t_1 ;当其速度为 $\frac{1}{3}v_0$ 时,所用时间为 t_2 。试比较 t_1 与 t_2 的大小。

【解析】 设物体的加速度大小为 a ,

对后一段过程有
$$\frac{1}{3}v_0 = v_0 - at_2$$

$$t_2 = \frac{2v_0}{3a}$$

对前一段过程有
$$\frac{2}{3}s = v_0t_1 - \frac{1}{2}at_1^2 \text{ 且 } s = \frac{v_0^2}{2a}$$

$$at_1^2 - 2v_0t_1 + \frac{2v_0^2}{3a} = 0,$$

$$t_1 = \frac{v_0 \pm \sqrt{\frac{v_0^2}{3}}}{a}$$

考虑到此物体运动的总时间 $t = \frac{v_0}{a}$, 应有 $t_1 < t$ 。所以

$$t_1 = \frac{v_0 - \sqrt{\frac{v_0^2}{3}}}{a} = \frac{3 - \sqrt{3}}{3} \cdot \frac{v_0}{a}$$

比较可得 $t_1 < t_2$ 。

【例 6】 A, B 两车同向在一条平直公路上行驶, A 在 B 的后面相距 s 处做速度为 v 的匀速运动; 同时 B 做初速为零、加速度为 a 的匀加速直线运动。则 v 、 a 、 s 满足什么条件时, 两车可以相遇两次?

【解析】 运动过程如图 1-8 所示, 设经时间 t 后 A, B 相遇, 则 $vt = s + \frac{at^2}{2}$,

整理得 $at^2 - 2vt + 2s = 0$

当 $\Delta = 4v^2 - 8as > 0$ 时方程有两解, 为

$$t = \frac{2v \pm \sqrt{4v^2 - 8as}}{2a}$$

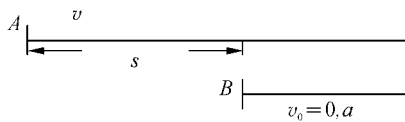


图 1-8

且两解都为正, 满足此条件时 A, B 两车能相遇两次。

(注意: 仅二次方程有两解, 不一定两物体能相遇两次, 只有当两解都为正时才能相遇两次。)

本题也可从相对运动的角度考虑, 取 B 车为参照系, 则 B 车静止不动, 而 A 车的初速度为向左的 v , 加速度仍为向右的 a , 即 A 车向着 B 车会做返回的匀减速运动, 只要其向左运动的最大位移大于 s 即可与 B 车相遇两次, 所以其条件为 $\frac{v^2}{2a} > s$, 结果与上述一致。

【例 7】 一小球由静止起从长为 4 m 的斜面顶端滚下, 接着在水平面上做匀减速运动, 小球在水平面上运动 6 m 停下, 共运动了 10 s。求: 小球在斜面上和水平面上运动时的加速度大小。

【解析】 本题用图像法解较为方便了, 先作出其运动的速度-时间图像, 如图 1-9 所示, 设两段运动的加速度大小分别为 a_1 和 a_2 。

由图可知 $t_1 : t_2 = s_1 : s_2 = 2 : 3$

$$t_1 = 4 \text{ s}, t_2 = 6 \text{ s}$$

$$\text{又因为 } a_1 = \frac{2s_1}{t_1^2} = \frac{2 \times 4}{4^2} \text{ m/s}^2 = 0.5 \text{ m/s}^2$$

同理可得

$$a_2 = 0.33 \text{ m/s}^2$$

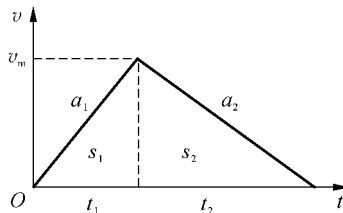


图 1-9

知识梳理

3. 自由落体运动 竖直上抛运动

1) 自由落体运动

是初速为零,加速度为重力加速度的匀加速直线运动。所有初速为零的匀变速直线运动规律都适用。

2) 竖直上抛运动

是物体以初速度 v_0 竖直向上抛出后,只在重力作用下的运动。上抛过程和下落过程的加速度均为重力加速度。

竖直上抛运动具有对称性:竖直上抛运动上升过程中经过某高度时的速度与下落过程中经过该处时的速度大小相等、方向相反;竖直上抛运动上升过程中经过某段距离所需时间与下落过程中经过该段距离所需时间相等。因为竖直上抛运动具有对称性,所以竖直上抛运动问题常会出现两解。

竖直上抛运动的这种“对称性”,在物体沿光滑斜面上滑到最高点又从最高点下滑到原处的运动同样具有。不同的是前者运动的加速度的值为 g ,后者运动加速度值为 $a = g \sin \theta$ 。

例题点拨

【例8】 一雨滴从房檐自由下落,通过一个高为 1.8 m 的窗户用了 0.2 s,求房檐到窗台的距离 ($g = 10 \text{ m/s}^2$)。

【解析】 解法一 设房檐到窗台的距离为 H ,雨滴从房檐滴到窗台所用时间为 t

$$\text{依题意有} \quad H - 1.8 = \frac{1}{2}g(t - 0.2)^2$$

$$H = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\frac{1}{2}gt^2 - 1.8 = \frac{1}{2}gt^2 - 0.2gt + \frac{1}{2}g(0.2)^2$$

$$\text{由此解得} \quad t = 1 \text{ s}$$

$$\text{所以} \quad H = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

解法二 雨滴通过窗户时的平均速度为

$$\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{1.8}{0.2} \text{ m/s} = 9 \text{ m/s}$$

由匀变速直线运动中,平均速度与中间时刻的瞬时速度相等可知 $v_t = \bar{v} = 9 \text{ m/s}$,雨滴到达窗台的时间:

$$t = \frac{v_t}{g} + \frac{t}{2} = \left(\frac{9}{10} + \frac{0.2}{2} \right) \text{ s} = 1 \text{ s}$$

$$\text{所以房檐到窗台的距离为} \quad H = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2 \text{ m} = 5 \text{ m}$$



【例 9】 气球上系一重物,以 4 m/s 的速度匀速上升。当离地 9 m 时绳断裂,求重物的落地时间 ($g = 10 \text{ m/s}^2$)。

【解析】 气球上所系重物在绳断后,做初速度为 4 m/s 的竖直上抛,落到地面上其位移为 9 m ,根据竖直上抛的运动学关系式即可求得(注意竖直上抛运动整体视为匀减速运动应用“负位移”代入公式求解)。设向下为正,则初速 v_0 为负。

$$H = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2, \text{ 即 } 9 = -4t + 5t^2$$

$$t = 1.8 \text{ s}, t' = -10 \text{ s (舍去)}$$

【例 10】 在地面上以 20 m/s 的初速竖直上抛一物体,空气阻力不计。该物体在 1 s 内两次通过电线杆的顶端,此电线杆的高度是_____。

【解析】 由对称性可知,物体经电线杆顶端后再到最高点所需时间为 0.5 s ,即电线杆顶端到最高点的距离 $h = \frac{1}{2} g t^2 = 1.25 \text{ m}$

$$\text{而物体上升的最大高度} \quad H = \frac{v_0^2}{2g} = 20 \text{ m}$$

$$\text{则电线杆的高度为} \quad H - h = 18.75 \text{ m}$$

【例 11】 甲球在地面,乙球在甲球正上方 h 高处,甲球以初速 v_0 做竖直上抛运动,同时乙球做自由落体运动,则它们能在空中相遇的条件是_____,它们在甲上升过程中相遇的条件是_____。

【解析】 取乙球为参照系,则乙球静止,甲球的初速仍为向上的 v_0 ,但因为甲、乙对地的加速度都是竖直向下的 g ,所以对参照系乙来说,甲的加速度为零,则甲做匀速运动,所以有: $h = v_0 t$,即到相遇所需时间为 $t = \frac{h}{v_0}$

$$\text{而要在空中相遇,则必须这一时间小于甲球落地所需时间, } t < t_{\text{上}} + t_{\text{下}}, \text{ 即 } \frac{h}{v_0} < \frac{2v_0}{g}$$

$$\text{则应满足的条件是 } v_0^2 > \frac{gh}{2}$$

$$\text{若要在甲上升过程中相遇,则必须: } t < t_{\text{上}}, \text{ 即 } \frac{h}{v_0} < \frac{v_0}{g}, \text{ 则应满足的条件是 } v_0^2 > gh$$

(注意变换参照系后必须正确分析物体对新的参照系的初速度和加速度,才能确定物体对新的参照系做什么运动)。



攻关练习(一)

1. 关于质点的下列描述中,正确的是 ()
- A. 物体运动不是很快,就可以看成质点
- B. 质点是一种特殊的实际物体
- C. 在某些情况下,地球可看做质点
- D. 做平动的物体肯定可以看做质点,做转动的物体肯定不可以看做质点



2. 下列问题中,可把物体看成质点的是 ()

- A. 研究地球公转
B. 研究人在汽车上的位置
C. 研究乒乓球的旋转
D. 研究汽车在斜坡上是否有翻倒的危险
E. 研究汽车从上海到南京所用的时间
G. 研究石英钟上秒针的运动
H. 研究汽车经过某一路标的时间

3. 一列火车从车站开出后在平直轨道上行驶,前 5 s 通过的路程是 150 m,前 10 s 通过的路程是 300 m,前 20 s 通过的路程是 600 m,则火车 ()

- A. 一定是匀速直线运动
B. 一定不是匀速直线运动
C. 可能是匀速直线运动
D. 以上均不正确

4. 某同学在 100 m 跑的测验中,在跑完全程时间的中间时刻 6.25 s 时,速度为 7.8 m/s,到达终点时的速度为 9.2 m/s,则此同学在全程中的平均速率为 ()

- A. 8.1 m/s
B. 7.8 m/s
C. 8 m/s
D. 9.2 m/s

5. 关于变速直线运动的下列描述中,正确的是 ()

A. 在初速度为正,加速度也为正的变速直线运动中,运动的加速度减小时,它的速度也减小

B. 在初速度为正,加速度为负的匀变速直线运动中,速度不可能增加

C. 做变速直线运动的物体,当某一时刻它的速度为零时,它的加速度可能不为零

D. 做变速直线运动的物体,在运动的加速度减小到零时,它的速度可能达到最大

6. 甲乙两车在公路上沿同一方向做直线运动,它们的 $v-t$ 图像如图 1-10 所示。两图像在 $t = t_1$ 时相交于 P 点, P 在横轴上的投影为 Q , $\triangle OPQ$ 的面积为 S 。在 $t = 0$ 时刻,乙车在甲车前面,相距为 d 。已知此后两车相遇两次,且第一次相遇的时刻为 t' ,则下面四组 t' 和 d 的组合可能是 ()

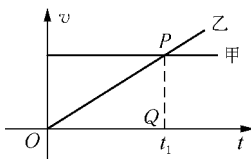


图 1-10

- A. $t' = t_1, d = S$
B. $t' = \frac{1}{2}t_1, d = \frac{1}{4}S$
C. $t' = \frac{1}{2}t_1, d = \frac{1}{2}S$
D. $t' = \frac{1}{2}t_1, d = \frac{3}{4}S$

7. 甲、乙、丙三辆车,以相同的速度经过某一路标,经过路标以后甲一直做匀速直线运动,乙先加速后减速,丙先减速后加速,他们经过下一个路标时的速度相同,则谁先到达下一个路标 ()

- A. 甲
B. 乙
C. 丙
D. 无法判断

8. 为了测定某轿车在平直路面上起动阶段的加速度(轿车起动可近似为匀加速运动),某人拍摄了一张在同一底片上多次曝光的照片,照片如图 1-11 所示。拍摄时每隔 2 秒曝光一次,轿车车长为 4.5 m,那么这辆轿车起动时的加速度约为 ()

- A. 1 m/s^2
B. 2 m/s^2
C. 3 m/s^2
D. 4 m/s^2

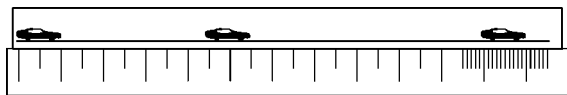


图 1-11

9. 小球自距地面 17 m 的高处自由下落,空气阻力不计,则小球在落地前通过最后 1 m 所