※ 应对最新高考政策改革
※ 最优秀教师的情怀之作

新高考直通车

[学霸]

※ 重教学轻灌输
※ 重方法引导轻套路积累
※ 重思维品质培养轻题海盲目训练

送给学霸
和即将成为
学霸的你！

物理

张晓红 编著

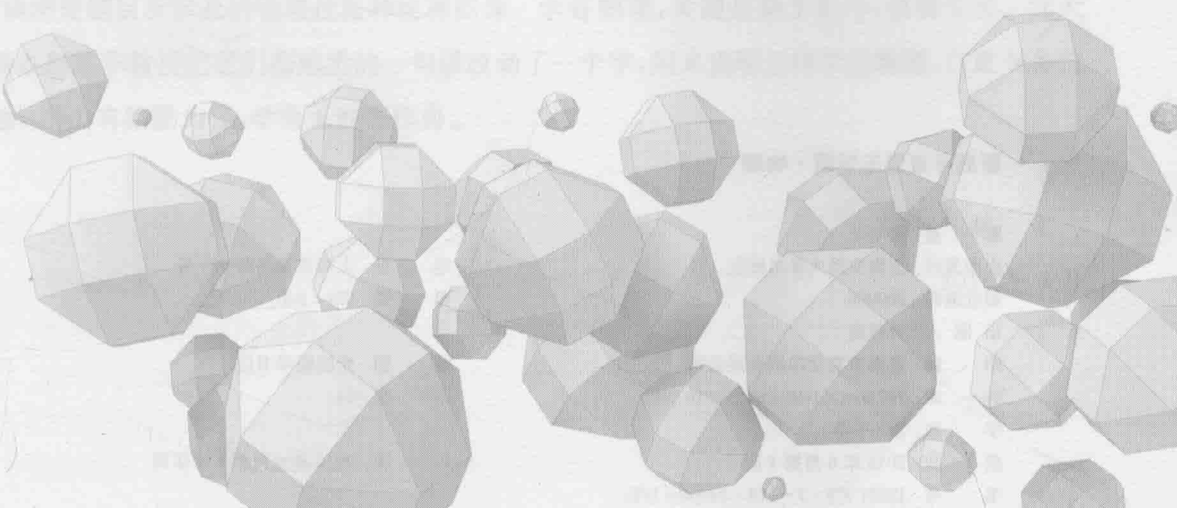
上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

新高考直通车

[学霸]

物理

张晓红 编著



上海交通大學出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书将高中生必须掌握的物理知识按照自然的章节分成了 14 个专题，对每个专题所涉及的重点、难点及考点知识，通过高考题和典型例题进行了专门的分析和讨论，以达到培养物理思想，明晰物理概念，掌握物理规律，提高解题能力的目的。本书末还附有物理考试答题须知。

图书在版编目(CIP)数据

新高考直通车学霸. 物理 / 张晓红编著. —上海：
上海交通大学出版社，2016
ISBN 978-7-313-14909-1

Ⅰ. ①新… Ⅱ. ①张… Ⅲ. ①中学物理学课—高中—
升学参考资料 Ⅳ. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 090658 号

新高考直通车学霸 · 物理

编　　著：张晓红
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：常熟市文化印刷有限公司
开　　本：787 mm×1092 mm　1/16
字　　数：342 千字
版　　次：2016 年 6 月第 1 版
书　　号：ISBN 978-7-313-14909-1/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：14
印　　次：2016 年 6 月第 1 次印刷

前　言

本书着力于夯实基础——加强对基本概念和基本规律的理解，着眼于提高分析问题和解决问题的能力。力图贯彻“观点高些、理解深些、覆盖广些、能力强些”的编写思想，以达到提高教学效益的目的。

本书以专题的形式对每个专题涉及的重点、难点以及考点知识进行专门的分析、讨论，对物理课本中已有的物理定律、原理的叙述和公式的推导尽量做到一笔带过，但对定律、原理、公式中的要点、概念和规律中不易理解或容易混淆、弄错的部分，力求在学生原有水平的基础上，本着要言而不烦的原则，通过例题从各个不同的侧面给以讲解，使学生真正理解这一类问题的方方面面，力争做到今后不再出现对此类问题理解和解答上的严重错误。俗话说，万变不离其宗。从这个意义上说，专题复习也就是通过有限的同类问题的解答分析，找到题目后面不变的“宗”。真正掌握思考这类问题的原理和方法。

物理学科对思维能力的要求较高，要想在高考中得到一个理想的分数，就要做到多思、多想，搞清楚题目所涉及的物理过程和物理图像。学好物理，关键是勤于思考，悟物穷理。北大物理系赵凯华教授把我们都熟悉的一句话改动了一个字，用来说明怎样学好物理，在此与各位共勉：书山有路勤为径，学海无涯悟作舟。

编　者

2016 年 3 月

目　录

专题1　物体的运动

1.1　匀变速运动的平均速度

物体做匀变速运动，在某段时间内的平均速度等于这段时间中点时刻的即时速度，它既可用平均速度的定义求解，又等于这段时间初末速度之和的一半。即

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

上式也可写成矢量形式，即该结论对匀变速曲线运动同样适用。

例1　质点由静止出发做匀加速直线运动，第9 s的位移为1.7 m，其运动的加速度为________。

解析　由题意，质点在第9 s发生了1.7 m的位移，即第9 s的平均速度也就是8.5 s末的瞬时速度为1.7 m/s，由加速度定义 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1.7 - 0}{8.5}\ \mathrm{m/s^2} = 0.2\ \mathrm{m/s^2}$。

例2　(2011安徽高考)做匀变速直线运动的物体在连续两段时间 t_1、t_2 内所发生的位移分别为 s_1、s_2，则物体运动的加速度为________。

解析　由题意物体在 t_1、t_2 时间内的平均速度即 t_1、t_2 两段时间中点时刻的即时速度分别为 $v_1 = \frac{s_1}{t_1}$，$v_2 = \frac{s_2}{t_2}$，由加速度的定义得 $a = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{\frac{s_2}{t_2} - \frac{s_1}{t_1}}{\frac{t_1 + t_2}{2}} = \frac{2(s_2 t_1 - s_1 t_2)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}$。

例3　竖直上抛一物，已知抛出后第1 s物体上升了100 m。则它能上升的最大高度为________。

解析　竖直上抛物体的运动可以看做自由落体运动的逆运动，因而竖直上抛物体第1 s上升的距离与其上升的最大高度处落下的自由落体最后1 s内下落的距离相等。由题意可知，最大高度处自由下落的物体最后1 s下落了100 m，于是这1 s的平均速度为100 m/s，即该落体落地前0.5 s那一刻的瞬时速度为100 m/s。由自由落体运动公式 $v_t = g t_1$ 得

$$t_1 = \frac{v_t}{g} = \frac{100}{10}\ \mathrm{s} = 10\ \mathrm{s}, \qquad 所以\quad t = t_1 + 0.5\ \mathrm{s} = (10 + 0.5)\mathrm{s} = 10.5\ \mathrm{s},$$

因此物体上升的最大高度　$h_{\max} = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 10.5^2\ \mathrm{m} = 551.25\ \mathrm{m}$。

例4　物体做匀变速直线运动，通过连续两段相同位移的平均速度分别为3 m/s和6 m/s，则物体在两段位移中点位置的瞬时速度为________。

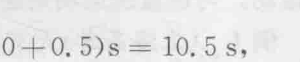


图1-1

解析　由题意物体通过相同位移的平均速度在增大，表明物体在做匀加速直线运动。如图1-1所示，$AE = EB$，C、D分别

为 AE 和 EB 的中点时刻所对应的位置，所以 $\bar{v}_{AE} = v_C = 3\ \text{m/s}$，$\bar{v}_{EB} = v_D = 6\ \text{m/s}$。物体后一段位移的平均速度为前一段的 2 倍，说明发生后一段位移所历经的时间为前一段的$\frac{1}{2}$，即由 C 到 E 的速度变化量为由 E 到 D 速度变化量的 2 倍，而由 C 到 D 的速度变化量为 3 m/s，所以两段位移中点位置 E 点的瞬时速度为 $v_E = 5\ \text{m/s}$。

说明 物体做匀变速直线运动，其中点位置的瞬时速度为 $v_{中位} = \sqrt{\frac{v_t^2 + v_0^2}{2}}$。对速度单调变化的直线运动而言，总有中点时刻的瞬时速度，小于中点位置的瞬时速度。

例 5 物体由 A 地出发以 a_1 的加速度做匀加速直线运动，达到某一速度即以 a_2 的加速度做匀减速直线运动，到达 B 地恰好停止。若已知 A、B 两地间距离为 s，求物体由 A 运动到 B 所历经的时间。

解析 由题意，物体由 A 至 B 的运动过程中所达到的最大速度为 $v_{\max} = a_1 t_1 = a_2 t_2$，其中，$t_1$、$t_2$ 分别为加速运动和减速运动的时间。可以证明，物体由 A 到 B 全程运动的平均速度为上述最大速度的一半，即 $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{a_1 t_1}{2} = \frac{a_2 t_2}{2}$，于是 $t_1 = \frac{2s}{a_1 t}$，$t_2 = \frac{2s}{a_2 t}$，

所以 $t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{2s(a_1 + a_2)}{a_1 a_2}}$。

例 6 *[①] 一质点在平面上做匀变速曲线运动，在时刻 $t_1 = 1\ \text{s}$，$t_2 = 2\ \text{s}$，$t_3 = 3\ \text{s}$ 分别经过 A、B、C 三点，若已知 A、B 之间的直线距离为 4 m，B、C 之间的直线距离为 3 m，且直线 AB 与直线 BC 垂直，则 B 点的即时速度大小为________，质点加速度的大小为________。

解析 由题意 B 为 AC 的中点时刻所对应的位置，

所以 $v_B = \bar{v}_{AC} = \frac{s}{t} = \frac{\sqrt{3^2 + 4^2}}{2}\ \text{m/s} = 2.5\ \text{m/s}$；

又由题意，质点在 AB 与 BC 段的平均速度 $v_{AB} = 4\ \text{m/s}$、$v_{BC} = 3\ \text{m/s}$，分别为 AB 与 AC 段中点时刻的瞬时速度，由加速度的定义 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\sqrt{3^2 + 4^2}}{1}\ \text{m/s}^2 = 5\ \text{m/s}^2$。

1.2 匀速直线运动

物体在一条直线上运动，如果在相等的时间里通过的位移都相等，这种运动就叫做匀速直线运动。匀速直线运动是速度不变的运动。匀速直线运动是最简单最基本的运动。

例 1 （上海高考）天文观测表明，几乎所有远处的恒星或星系都以各自的速度背离我们而运动，离我们越远的星体，背离我们运动的速度（称为退行速度）越大；也就是说，宇宙在膨胀。观测表明，不同星体的退行速度 v 与它离我们的距离 r 成正比，即 $v = Hr$。式中 H 为一常量，称为哈勃常数，其数值可由观测测定。为解释上述现象，有人提出一种理论，认为宇宙是从大爆炸的火球开始形成的。假设大爆炸后各星体即以不同的速度向外匀速运动，并假想我们就位于其中心，则速度越大的星体现在离我们越远。这一结果与上述天文观测一致。由上

① 本书带有 * 为有一定难度或超上海考纲，读者可有选择阅读。

述理论和天文观测结果，宇宙年龄 T 的计算式为________。若哈勃常数的近期观测值为 $H=3\times10^{-2}$ 米/秒·光年，则宇宙年龄的估算值为________。

解析 由题意，所有的恒星或星系从大爆炸的那一刻开始，以不同的速度匀速离我们而去，星体的退行速度 v 可以表示为 $v=Hr$。而由匀速直线运动的位移公式，恒星或星系离我们的距离为 $r=vT$，所以 $T=\dfrac{r}{v}=\dfrac{1}{H}$；将 $H=3\times10^{-2}$ 米/秒·光年代入，解得 $T=10^{10}$ a。

我们知道，宇宙的年龄是不断变化的，所以题中说的是哈勃常数的近期观测值，它其实是不断变化的，也就是说常数不常。

例2 一列长 100 m 的队伍在匀速前进，队尾的通信员接到命令，立即快步匀速赶到队前，然后又以同样的速度返回队尾。当通信员到队尾时，整个队伍前进了 100 m。则此过程中，通信员的位移是________m；他通过的路程为________m。

解析 如图 1－2 所示，设当通信员到达队前时，队伍前进了 x，并设通信员的速度为 v_1，队伍的前进速度为 v_2。由题意当通信员回到队尾时，队伍前进了 100 m，考虑到通信员与队伍运动的时间相等，有 $\dfrac{L+x}{v_1}=\dfrac{x}{v_2}$，$\dfrac{L+2x}{v_1}=\dfrac{L}{v_2}$，将 $L=100$ m 代入解得 $x=50\sqrt{2}$ m。所以通信员的位移为 100 m，通过的路程为 241.4 m。

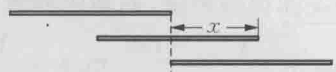


图 1－2

例3 图 1－3(a)是高速公路上利用超声波测速仪测量车速的示意图，测速仪发出并接收超声波脉冲信号，根据发出和接收到的信号间的时间差，测出被测物体的速度。图 1－3(b)中，p_1、p_2 是测速仪发出的超声波信号，n_1、n_2 分别是 p_1、p_2 由汽车反射回来的信号。已知测速仪匀速扫描，汽车匀速行驶，p_1、p_2 之间的时间间隔 $\Delta t=1.0$ s，超声波在空气中的传播速度为 $v=340$ m/s。则汽车在接收到 p_1、p_2 两个信号之间的时间内前进的距离为________m，汽车的运动速度为________m/s。

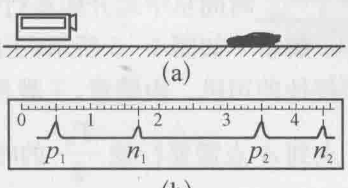


图 1－3

解析 超声波信号碰到障碍物会发生反射，在测速仪发出信号 p_1、p_2 和收到返回的信号 n_1、n_2 之间的时间内声波分别传播的距离，应等于信号碰到汽车时汽车与测速仪之间距离的 2 倍。设测速仪发出超声波信号 p_1、p_2 的时刻分别为 t_1、t_2，接收到由汽车反射回来的信号 n_1、n_2 的时刻分别为 t_1'、t_2'，由图 1－3(b)可知 $t_1'=t_1+\dfrac{1}{30}\times12$ s，$t_2'=t_2+\dfrac{1}{30}\times9$ s。因汽车做匀速直线运动，故 p_1、p_2 两个信号遇到汽车的时刻 t_3、t_4 分别为

$$t_3=\frac{t_1'+t_1}{2}=t_1+\frac{1}{30}\times6\ \text{s},\qquad t_4=\frac{t_2'+t_2}{2}=t_1+1\ \text{s}+\frac{1}{30}\times\frac{9}{2}\ \text{s}。$$

超声波信号 p_1、p_2 从发出到遇到汽车所前进的距离分别为

$$s_1=v\left(\frac{t_1'-t_1}{2}\right)=340\times0.2\ \text{m}=68\ \text{m},\ s_2=v\left(\frac{t_2'-t_2}{2}\right)=340\times0.15\ \text{m}=51\ \text{m},$$

所以汽车在接收到 p_1、p_2 两个信号之间的时间内前进的距离为 $\Delta s=s_2-s_1=17$ m；

汽车运动的速度为 $$v'=\frac{\Delta s}{t_4-t_3}=\frac{17}{0.95}\ \text{m/s}=17.89\ \text{m/s}。$$

例 4 在一笔直公路上依次有三盏交通信号灯 L_1、L_2 和 L_3，L_2 与 L_1 相距 90 m，L_3 与 L_1 相距 120 m。每盏信号灯显示绿色的持续时间都是 20 s，显示红色的持续时间都是 30 s。L_1 与 L_3 同时显示绿色，L_2 则在 L_1 显示红色经历了 10 s 时开始显示绿色。规定车辆通过三盏信号灯经历的时间不得超过 130 s。若有一辆匀速向前行驶的自行车通过 L_1 的时刻正好是 L_1 刚开始显示绿色的时刻，则该车能不停顿地通过三盏信号灯的最大速率为________m/s。若一辆匀速向前行驶的自行车通过 L_1 的时刻是 L_1 显示绿色经历了 10 s 的时刻，则此车能不停顿地通过三盏信号灯的最小速率是________m/s。

解析 信号灯随时间变化的图像如图 1－4 所示，a 为自行车以最大速率不停顿通过三盏信号灯的 $s-t$ 图线，而要在 130 s 以最小速度不停顿的通过信号灯，其 $s-t$ 图线为 b，所以 $v_{\max}=\dfrac{s}{t_{\min}}=\dfrac{120}{50}\text{ m/s}=2.4\text{ m/s}$，

$v_{\min}=\dfrac{s}{t_{\max}}=\dfrac{120}{110}\text{ m/s}=\dfrac{12}{11}\text{ m/s}$。

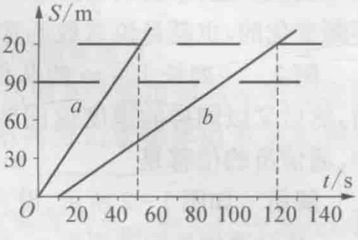


图 1－4

＊**例 5** 王教授经常在甲、乙两地间往返，他每天下午某时刻准时被司机从甲地接走。有一天王教授提前 T_1 时间到达甲地，便开始步行走向乙地，途中他遇到了前来接他的司机，于是立即上车，司机驱车走完剩下的路程，把他送到乙地的家中时，比平时提前了 T_0 时间。则王教授步行的速度与汽车的速度之比为________；若王教授要提前 T_2 时间回到家中，则他应提前________时间从甲地开始步行。

图 1－5

解析 如图 1－5 所示，王教授从甲地 A 点出发，在 B 点遇到前来接他的司机。由题意，王教授比平时提前 T_0 时间到家，即汽车从 B 点到 A 点需要行驶 $\dfrac{T_0}{2}$ 的时间，也就是说，司机在 B 点接到王教授时距平时接王教授的时间还有 $\dfrac{T_0}{2}$ 的时间，因此王教授从 A 点走到 B 点所历经的时间为 $T_1-\dfrac{T_0}{2}$，所以王教授步行的速度与汽车的速度之比为 $\dfrac{v_人}{v_汽}=\dfrac{AB}{T_1-\dfrac{T_0}{2}}\dfrac{\dfrac{T_0}{2}}{AB}=\dfrac{T_0}{2T_1-T_0}$。

设要提前 T_2 时间回家应提前 T 时间出发，由前一空结果 $\dfrac{v_人}{v_汽}=\dfrac{T_0}{2T_1-T_0}=\dfrac{T_2}{2T-T_2}$，

$T_2=\dfrac{T_1T_2}{T_0}$。

例 6＊ 如图 1－6 所示，O 处的古寺庙每天午夜都要敲钟 108 下，且每相邻两下的时间间隔均为 T。某人想利用这夜半钟声来测定声音的传播速度。当该人在距古寺庙 L_1 的 A 处听到第一下钟声的同时开始沿一条弯曲的路线行走，经过时间 t，此人到达距古寺庙 L_2 的 B 点，恰好听到第 $N+1$ 下钟声。若声音在空气中的传播速率恒定，则此人测得的声速大小为________，此时恰好听到第一声钟声的人距该人的

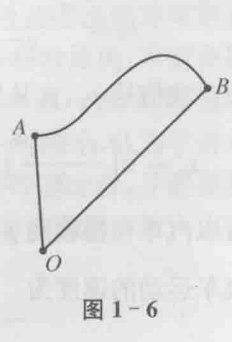


图 1－6

最远距离为________。

解析 若考虑 A、B 两处各有一人，则从 A 处的人听到第一下钟声起，在 A 处的人经过 NT 时间听到第 $N+1$ 下钟声，而 B 处的人经过 t 时间听到第 $N+1$ 下钟声，说明第 $N+1$ 下钟声从 A 处传到 B 处需要的时间为 $t-NT$，所以声音传播的速度为 $v=\dfrac{L_2-L_1}{t-NT}$；考虑到声音向各个方向传播速率相等，则 t 时刻听到第一下钟声的人离 O 点的距离为 $s_0=vt+L_1$，所以恰好听到第一声钟声的人距 B 点的最远距离为 $s_m=s_0+L_2=L_1+L_2+\dfrac{L_2-L_1}{t-NT}t$。

1.3 小船的渡河问题

小船渡河时，其航行的速度应为小船随水一起运动的速度 v_1 与小船在静水中的速度 v_2 的矢量和，可用平行四边形定则来计算。小船渡河时，船头所指的方向为航向，船所经历的实际路线叫做航线。只有在静水中渡河时，航向与航线才是重合的。

例 1 在宽度为 d 的河中，水流的速度为 v_1，小船在静水中的速度为 v_2。试就 $v_1<v_2$ 和 $v_1>v_2$ 两种情况，分别讨论小船的渡河时间和位移，并说明小船在上述两种情况下所取的航向。

解析 无论船速与水速大小关系如何，要使小船以最短时间渡河，航向应与河岸垂直，经过一段时间，小船从 A 点运动到 B 点，如图 1-7(a)所示。根据此图，可求得小船的最短渡河时间 t_1 和与之相对应的位移 s_1 及航线与航向之间的夹角 ϕ 分别为 $t_1=\dfrac{d}{v_2}$，$s_1=\dfrac{\sqrt{v_1^2+v_2^2}}{v_2}d$，$\phi=\arctan\dfrac{v_1}{v_2}$。

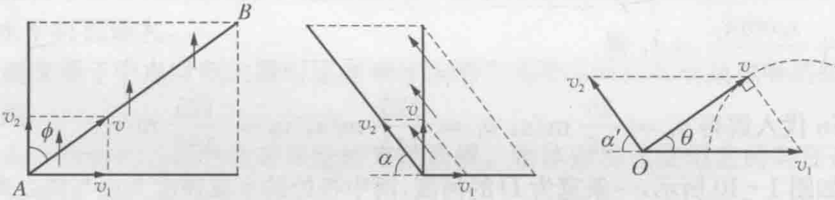


图 1-7

要使小船的渡河位移最短，当 $v_2>v_1$ 时，航线应与河岸垂直，如图 1-7(b)所示。此时航向与上游河岸的夹角 α 及渡河时间 t_1 分别为 $\alpha=\arccos\dfrac{v_1}{v_2}$，$t_1=\dfrac{d}{\sqrt{v_2^2-v_1^2}}$。

若 $v_1>v_2$，欲使渡河的位移最短，应使合速度的方向与下游河岸的夹角 $\theta\left(\theta<\dfrac{\pi}{2}\right)$ 尽可能大。由图 1-7(c)可见，当航线与航向垂直时，θ 角有最大值，此时渡河位移最短。于是，渡河位移 s_2、渡河时间 t_2、航向和航线与河岸的夹角 α' 和 θ 及小船此时漂向下游的距离分别为

$$s_2=\frac{v_1}{v_2}d,\quad t_2=\frac{dv_1}{v_2\sqrt{v_1^2-v_2^2}},\quad \alpha'=\arccos\frac{v_2}{v_1},\quad \theta=\arcsin\frac{v_2}{v_1},\quad x=\frac{\sqrt{v_1^2-v_2^2}}{v_2}d。$$

根据以上分析，也可以计算出当 $v_2 > v_1$ 时小船到达对岸任意位置时小船的航向以及 $v_1 > v_2$ 时小船到达对岸下游任意位置时小船的航向。

例 2 一渡船正在渡河，河水流速为 5 m/s。当它离河对岸 300 m 时，发现下游 400 m 处有一大瀑布。为使渡船不被瀑布冲走，渡船相对于水的最小速度是多少？

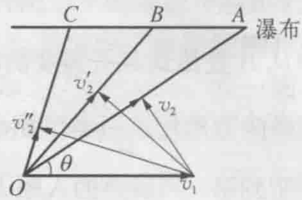


图 1－8

解析 水流的速度确定，由图 1－8 可见，在从河中央向河对岸所连接的各种可能的航线中(图 1－8 中仅画出了 3 条)，OA 是最长的一条航线。而在对应各条航线的最小速度中，以垂直与航线 OA 的 v_2 最小。所以

$$v_2 = v_1 \sin\theta = d\,\frac{v_1}{\sqrt{d^2+s^2}} = 300 \times \frac{5}{\sqrt{300^2+400^2}}\ \mathrm{m/s} = 3\ \mathrm{m/s}。$$

例 3 一条河道被一行窄浅沙滩分成流速不同的两条支流，如图 1－9 所示。图中给出了船从一岸渡河到对岸的最短航线。已知船沿该航线渡河所需的时间为 25 min。根据图中标出的比例关系，试求：

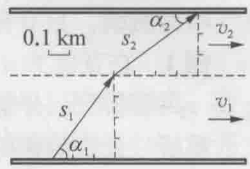


图 1－9

(1) 船在静水中的速度 v_0；

(2) 两条河道的水速 v_1 和 v_2。

解析 由图 1－9 中标度可求得，两段航线 $s_1 = s_2 = 500$ m，$a_1 = 53°$，$a_2 = 37°$。最短航线大于河宽，表明船行驶的速度小于水流的速度。由图 1－9 可见，当航向与航线垂直时渡河位移最短，即 $v_1 = \dfrac{v_0}{\sin\alpha_1}$，$v_2 = \dfrac{v_0}{\sin\alpha_2}$；$\dfrac{s_1}{v_1\cos\alpha_1} + \dfrac{s_2}{v_2\cos\alpha_2} = t$，即

$\dfrac{s_1\tan\alpha_1}{v_0} + \dfrac{s_2\tan\alpha_2}{v_0} = t$，将

$t = 25$ min 代入解得 $v_0 = \dfrac{25}{36}$ m/s，$v_1 = \dfrac{125}{144}$ m/s，$v_2 = \dfrac{125}{108}$ m/s。

例 4＊ 如图 1－10 所示，一条宽为 D 的河流，河中各处的水流速度大小与该处离河岸的距离成正比，比例系数为 k。在河流中轴线附近有一个矩形礁石 $ABCD$，AD 恰与河流中轴线重合，$AD = a$，$AB = b\left(b < \dfrac{D}{2}\right)$。礁石顶点 A 的坐标为 $\left(\dfrac{D}{2}, \dfrac{D}{2}\right)$。一小船从原点 O 处以航向垂直河岸方向渡河，其相对于水的速度大小为 v_0，已知小船运动过程中未碰到礁石。求：

(1) 小船的渡河时间。

(2) 小船渡河过程中沿水流方向的加速度大小。

(3) 小船速度 v_0 的取值范围。

(4) 若小船恰好在 A 处绕过礁石，且此时相对于水的速度大小变为 $2v_0$，则小船到达对岸时，沿水流方向漂移的距离是多少。

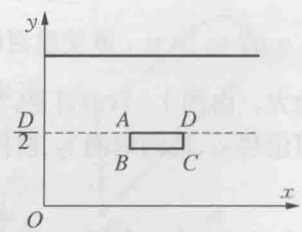


图 1－10

解析 (1) 小船速度垂直于河岸，$t_0 = \dfrac{s}{v} = \dfrac{D}{v_0}$。

(2) 小船沿水流方向随流而下，由题意，$v_{水} = ky = kv_0t$

$\left(t\leqslant\dfrac{D}{2v_0}\right)$，可见，小船沿水流方向做匀加速运动，加速度为 $a=kv_0$。

(3) 设小船随流而下的位移为 x，则它恰好到达 A 点和 C 点的速度分别为

$$x_A=\frac{1}{2}at_1^2=\frac{D}{2}=\frac{1}{2}kv_A\left(\frac{D}{2v_A}\right)^2,\ v_A=\frac{kD}{4};$$

$$x_C=\frac{1}{2}at^2=\frac{D}{2}+a=\frac{1}{2}kv_C\left(\frac{D-2b}{2v_C}\right)^2,\ v_C=\frac{k(D-2b)^2}{4D+8a}。$$

所以小船速度的取值范围为 $v\geqslant\dfrac{kD}{4}$，$v\leqslant\dfrac{k(D-2b)^2}{4D+8a}$。

(4) 小船渡河过程中，沿水流方向先做匀加速运动后做匀减速运动，两段平均速度相等，而到达 A 点后因相对水的速度加倍，使运动时间减半，所以沿水流方向的位移减半，为 $\dfrac{D}{4}$，因此小船漂移的总距离为 $x'=\dfrac{D}{2}+\dfrac{D}{4}=\dfrac{3D}{4}$。

1.4　平抛运动和斜抛运动

平抛物体运动和斜抛物体运动，都可以看做是抛出方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动的合成。

平抛物体运动的时间由抛出的高度决定，其水平位移由抛出的高度和抛出的初速度决定。

斜抛物体运动也可看成是水平方向的匀速直线运动和竖直方向的竖直上抛运动的合成。

对斜抛物体而言，若抛出点和落点在同一水平面上，则当抛出方向与水平方向的夹角为45°时，其水平射程最大。

平均速度等于中点时刻的瞬时速度和连续两个相等时间位移增量相等的结论对平抛和斜抛同样适用。

平抛运动和斜抛运动的运动轨迹均为抛物线。物体做加速度恒定的匀变速运动，其运动轨迹若不为直线，则一定为抛物线。

例 1　水平抛出一小球，其速度方向由与水平方向成45°角变为成60°角所历经的时间为 t。试求该小球平抛的初速度。

解析　由题意及平抛物体的运动规律可得小球的速度随时间变化的矢量图如图 1-11 所示。由图可知 $v_1=v_0$，$v_2=\sqrt{3}v_0$。小球的竖直分速度从 v_1 变化到 v_2 所历经的时间为 t，因此有 $v_2-v_1=gt$，

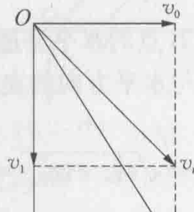
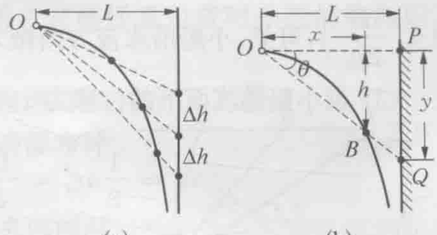


图 1-11

即
$$v_0=\frac{gt}{\sqrt{3}-1}=\frac{\sqrt{3}+1}{2}gt。$$

例 2　(2009 交大)如图 1-12(a)所示，在距竖直毛玻璃 $L=1.2\ \text{m}$ 处的 O 点将一小球水平抛出，在 O 点有一闪光频率为 30 Hz 的点光源，光源闪光时，毛玻璃上有小球的投影像点。在毛玻璃的右边用照相机通过多次曝光的方法，拍下小球在毛玻璃上的投影照片。已知相邻两个投影像点间的实际距离为 $\Delta h=5\ \text{cm}$，则小球在毛玻璃上的投影点做________运动，小球

平抛运动的初速度为________。



(a)　　(b)

图 1-12

解析　如图 1-12(b)所示，设质点抛出时的初速度为 v_0，经过时间 t，当小球运动到 B 点时，其影子运动到了 Q。由平抛物体的运动规律可得 $x=v_0t$，$h=\frac{1}{2}gt^2$。

由图知　$\tan\theta=\frac{y}{L}=\frac{h}{x}=\frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0t}$，　$y=\frac{gL}{2v_0}t$，

可见像点以 $v=\frac{gL}{2v_0}=\frac{\Delta h}{\Delta t}$ 的速度做匀速直线运动，所以

$$v_0=\frac{gL}{2\Delta h}\Delta t=\frac{10\times1.2\times10}{2\times5\times30}\ \mathrm{m/s}=4\ \mathrm{m/s}。$$

例 3　如图 1-13 所示，A、B、C 为平抛物体运动轨迹上的 3 点，已知 A、B 间与 B、C 间的水平距离均为 x，而竖直方向的距离分别为 y_1、y_2。由以上条件可知该物体平抛时的初速度为________；它经过 B 点时瞬时速度的大小为________，该速度方向与水平方向的夹角为________。

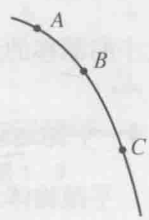


图 1-13

解析　由题意，A、B 间与 B、C 间的水平距离均为 x，即物体由 A 运动到 B 的时间与由 B 运动到 C 的时间相同，于是 y_1、y_2 是竖直方向上连续两个相等时间的位移，由 $\Delta s=at^2$ 得 $y_2-y_1=gt^2$，即 $t=\sqrt{\frac{y_2-y_1}{g}}$，所以

$$v_0=\frac{x}{t}=x\sqrt{\frac{g}{y_2-y_1}}。$$

物体经过 B 点的时刻是由 A 到 C 运动的中点时刻，因此

$$v_{By}=\frac{y_1+y_2}{2t}=\frac{y_1+y_2}{2}\sqrt{\frac{g}{y_2-y_1}},$$

而 B 点的水平分速度即为抛出时的初速度，即 $v_{Bx}=v_0$。所以物体在 B 点瞬时速度的大小及其与水平方向的夹角分别为

$$v_B=\sqrt{v_{Bx}^2+v_{By}^2}=\sqrt{x^2\frac{g}{y_2-y_1}+\left(\frac{y_1+y_2}{2}\right)^2\frac{g}{y_2-y_1}}=\sqrt{\frac{g}{y_2-y_1}}\sqrt{x^2+\left(\frac{y_1+y_2}{2}\right)^2},$$

$$\theta=\arctan\frac{v_{By}}{v_{Bx}}=\arctan\frac{y_1+y_2}{2x}。$$

实际上，考虑到平均速度等于中点时刻的瞬时速度适用于匀变速运动，B 点的瞬时速度等于 AC 段的平均速度。

例 4　(2012 年华约)如图 1-14 所示，一小球从某一高度水平抛出后，恰好落在第 1 级台阶的紧靠右边缘处，反弹后再次下落至第 3 级台阶的紧靠右边缘处。已知小球第一、二次与台阶相碰之间的时间间隔为 0.3 s，每级台阶的宽度和高度均为 18 cm。小球每次与台阶碰撞后

速度的水平分量保持不变，而竖直分量大小变为碰前的$\frac{1}{4}$。求：

(1) 第一次落点与小球抛出点间的水平距离和竖直距离。

(2) 分析说明小球是否能够与第5级台阶碰撞。

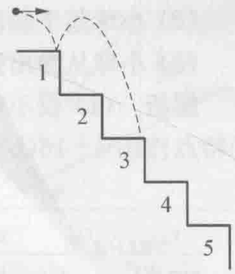


图1-14

解析 (1) 设小球从第1级台阶到第3级台阶的运动时间为t，小球的水平速度为v_0，第一次反弹的竖直分速度为v_{y1}，台阶的高度为b，宽度为a。在小球从第1级台阶到第3级台阶的运动过程中

$$s=2a=v_0t,\ h=-2b=v_{y1}t-\frac{1}{2}gt^2,\text{而}\ b=a=18\ \text{cm}$$

解得 $$v_0=1.2\ \text{m/s},\quad v_{y1}=0.3\ \text{m/s}。$$

由题意，小球与台阶碰后竖直分速度变为原来的$\frac{1}{4}$，所以小球与第一级台阶相碰前的竖直分速度为$v_y=4v_{y1}=1.2\ \text{m/s}$。

小球第一次的落点与抛出点的水平距离和竖直距离分别为

$$x=v_0t_0=1.2\times\frac{1.2}{10}\ \text{m}=1.44\ \text{m},\quad y=\bar{v}_yt_0=\frac{1.2}{2}\times\frac{1.2}{10}\ \text{m}=0.072\ \text{m}。$$

(2) 设小球第二次与台阶相碰后反弹的竖直分速度为v_{y2}，则$(4v_{y2})^2-v_{y1}^2=2g(2a)$，$v_{y2}=0.67\ \text{m/s}>0.3\ \text{m/s}$，因此，小球第三次与台阶相碰时，碰点一定不在第五级台阶上。

例5 如图1-15(a)所示，从斜面上的A点分别以v_0和$2v_0$的速度水平抛出两个小球，其落点与A点的水平距离分别为s_1、s_2，不计空气阻力，则s_1与s_2之比可能为(　　)。

(A) 1∶2　　(B) 1∶3

(C) 1∶4　　(D) 1∶5

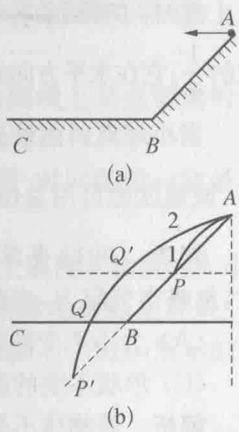


图1-15

解析 若两物体都落在平面BC上，则它们的水平位移之比为1∶2；若两物体都落到斜面AB上，设斜面倾角为θ，它们的运动时间分别为t_1、t_2，则有$\tan\theta=\dfrac{\frac{1}{2}gt_1^2}{vt_1}=\dfrac{\frac{1}{2}gt_2^2}{2vt_2}$，即$t_1:t_2=1:2$，所以两物体的水平位移之比为1∶4；当物体1落到斜面上的P点，物体2落到平面上的Q点时，由图1-15(b)可见，P点与Q'点到抛出点A的水平距离之比为1∶2，所以P点与Q点到A点的水平距离之比小于1∶2。而P点与P'点到抛出点A的水平距离之比为1∶4，于是P点与Q点到A点的水平距离之比大于1∶4。综上所述，当物体1落到斜面上的P点，物体2落到平面上的Q点时，它们的水平位移之比必定大于1∶4而小于1∶2。

本题正确答案为(A)、(B)、(C)。

例6 如图1-16(a)所示，小球自倾角为θ的足够长的斜面顶端沿水平方向以v_0的初速度抛出，不计空气阻力。求：

(1) 小球在斜面上的落点与抛出点间的距离。