中国教育电视台“复习时间”节目用书

高中物理

主编　周誉蔼　唐朝智

专家指导▲能力培养丛书

北京大学出版社　PEKING UNIVERSITY PRESS

中国教育电视台"复习时间"节目用书

《专家指导·能力培养丛书》

高 中 物 理

主 编 周誉蔼 唐朝智

北 京 大 学 出 版 社
·北 京·

图书在版编目(CIP)数据

高中物理/周誉蔼,唐朝智主编. —北京:北京大学出版社,1996 .11

(专家指导·能力培养丛书)

ISBN 7-301-03257-9

Ⅰ.高… Ⅱ.①周…②唐… Ⅲ.物理课-高中-教学参考资料 Ⅳ.G634.73

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第20749号

书　　名:高中物理

著作责任者:周誉蔼　唐朝智

责任编辑:胡美香

标准书号:ISBN 7-301-03257-9/G·379

出　版　者:北京大学出版社

地　　址:北京市海淀区中关村北京大学校内　100871

电　　话:出版部　62752015　发行部　62559712　编辑部　62752032

印　刷　者:北京大学印刷厂印刷

发　行　者:北京大学出版社

经　销　者:新华书店

787×1092毫米　16开本　16.375印张　400千字

1996年11月第一版　1996年11月第一次印刷

定　　价:17.00元

序　言

经过作者、出版社诸多同仁的数月紧张努力，这套“专家指导·能力培养丛书”终于付印出版。

这套丛书包括《高中语文》、《高中数学》、《高中英语》、《高中物理》、《高中化学》、《高中历史》、《高中政治》七门课。与目前高考的“3＋2”模式一致。这样做是为了便于高中学生的使用，并非表示这套书仅仅为高考应试目的而编写。我们组织编写并出版这套书，主要是基于两点认识。一是对于素质教育的正确理解。我们认为，发展个人能力，提高综合素质是教育的目的，而高考作为国家组织的统一考试，对于高中学生能力的大小、素质的高低是一种有效的、公平的检测手段。但应试能力又只是学生所应具备的诸多能力的一种体现，为应试而应试，把应试作为终极目的的学习以及搞题海战术、死记硬背等等只会误入歧途。应试能力的提高只能通过扎实的基础训练、系统而全面的能力培养来达到，学生的负担也会在这个过程中得到减轻。二是这套书有着一流的作者。北京大学出版社作为学术性出版社，对于选题的取舍，作者的遴选都有自己严格的标准。我们认为应以对待学术著作的态度来对待高中学生用书，所以这套书所约请的作者都是具有丰富的教学经验的知名专家，他们对于各自所从事的学科都有着长期的教学实践和丰实的理论素养，对于提高学生素质、培养应试能力都有自己一套行之有效的方法。在这套书中，不仅讲解了高中知识的要点、难点、疑点，更在训练学生掌握基础知识的基础上，结合近两年高考的实际，提供思路，指示学习方法。如书中所举的例题都是类型性的，意在通过例题的解剖，使学生能够举一反三，增强解题能力。在使用这套书时，要特别注意这一点。我们希望通过这套丛书的出版，将这些专家多年的教学心得和研究成果介绍给广大的师生，以期对高中的教学和高考、会考的准备作一点贡献。

由于编写时间及出版匆促，难免有疏漏错误，恳请读者与专家批评指正。

北京大学出版社

1996 年 11 月

凭此回执与北京大学出版社直接联系

姓名：	电话：	邮编：
详细地址：		

1. 你由什么途径获得本书？
   A. 别人介绍　　B. 看到电视台的播放
   C. 看到征订广告　　D. 在书店看到　　（　）

2. 本书内容将在中国教育电视台播讲两轮，每轮过后，均有电视咨询和现场咨询，你有什么问题要问本书作者？

3. 你是否需要购买北大出版社出版的书籍？

联系地址：北京大学出版社“专家指导·能力培养丛书”联络处
联系电话：（010）62752022　　邮编：100871

北京大学出版社简介

北京大学出版社是一家综合性大学出版社。我社立足于本校，依靠校内雄厚的师资力量，充分发挥学校所具有的人才、学科和学术的优势，同时也积极争取国内外学者专家的支持，有计划有重点地编辑出版哲学社会科学、自然科学方面的大学教科书、教学参考书、学术著作、工具书；翻译出版国内外高水平的大学教材、学术著作和文学作品；整理出版北京大学图书馆藏古籍，影印珍贵的善本书；出版学术期刊、音像制品、软件制品。

我社出版的教科书、学术专著如《全宋诗》、中国文化大观系列、北大数学丛书、文艺美学丛书、北京大学图书馆藏善本丛书、国学研究系列图书，在国内外产生了较大影响。我社还出版了一批文教用书，如北大附中高三用书、北大附中初三用书、初中数学万题选、小学数学千题选、健康教育丛书、初中语文、专家指导中小学总复习丛书等，已经引起社会各界人士的广泛关注，并受到好评。

出版社恢复 17 年来，共出版图书近 5000 余种，其中有 400 余种图书在各级评奖活动中获奖。1993 年中宣部、新闻出版署首次表彰全国十五家优秀出版社，我社是其中之一。1994 年，我社被国家教委评为"先进高校出版社"。

改革开放以来，我社与海外的出版合作交流也日益广泛，与港台地区及国外十多家出版社有版权贸易和合作出版，有近 300 种图书版权转让到海外，1000 多种图书发行到海外。

北大出版社设有发行部，办理图书邮购、现购和批发业务；设有对外合作部，办理海外读者邮购业务。

地　　址：北大南门西侧 20 米
邮　　编：100871
发行部主任：李东、孙晔　电话：62754140
华东、西北区：齐莹　电话：62559712
东北、华北区：顾大新、胡利国　电话：62757438
中南、西南区：胡冠群、陈峰　电话：62752013
北京区：张京华、张婉萍　电话：62752018
邮购电话：62752019　62754141
传　　真：62556201
户　　名：北京大学出版社发
开户银行：工商银行北京
帐　　号：045－6613
税　　号：11010810100

目　录

第一讲　质点的运动

【重点难点解疑】

本讲的中心问题是讨论质点位置随时间变化的规律．基本的物理量是：位置、位移、速度、加速度．重点研究的三种运动：(1) 匀变速直线运动；(2) 平抛运动(匀变速曲线运动的一种)；(3) 匀速圆周运动．研究平抛运动的运动分解合成法是研究复杂运动的有效方法．

一、匀变速直线运动

质点沿直线运动，如果加速度不变则叫匀变速直线运动，包括匀加速直线运动、匀减速直线运动和由匀减速与匀加速组成的匀变速直线运动．匀变速直线运动的基本公式是：

速度公式　$$v_t=v_0+at. \tag{1}$$

位移公式　$$s=v_0t+\frac{1}{2}at^2. \tag{2}$$

位移 s 是从初始时刻质点的位置为起点计算的．公式中的物理量有 5 个：t，s，v_0，v_t，a，基本公式只有 2 个，通常需要已知任意 3 个物理量，求出另 2 个物理量．

匀变速直线运动的其余 3 个公式可由上述 2 个基本公式导出，它们是：

$$v_t^2=v_0^2+2as, \tag{3}$$

$$s=\frac{v_0+v_t}{2}t, \tag{4}$$

$$s=v_tt-\frac{1}{2}at^2. \tag{5}$$

(3)式不含时间，(4)式是关于 t 的一次方程，这些特点使我们分析求解一些问题较简便．

由平均速度定义知 $s=\bar{v}t$，由(4)式得 $\bar{v}=\frac{v_0+v_t}{2}$．这说明匀变速直线运动的平均速度等于初、末速度的平均值，但对一般变速直线运动来说，平均速度不等于初、末速度的平均值．

【例 1】　火箭从地面开始竖直向上发射，点火后火箭以加速度为 5 米/秒^2 作匀加速运动，经过 10 秒燃料烧完，求火箭从开始发射到落回地面所经历的时间是多少？(不计空气阻力，取 $g=10$ 米/秒^2.)

分析与解答

火箭发射前 10 秒内作匀加速运动，10 秒后作竖直上抛运动、加速度为 g，应该分两段计算．

火箭初速为 0，$t_1=10$ 秒内作加速度 $a=5$ 米/秒^2 的匀加速运动．10 秒末火箭速度 $v_1=at_1=5$米/秒$^2\times10$ 秒$=50$ 米/秒，火箭位移 $s_1=\frac{1}{2}at_1^2=\frac{1}{2}\times5$ 米/秒$^2\times(10$ 秒$)^2=250$ 米．

10秒后火箭以初速 v_1 竖直上抛，加速度为 $-g$. 火箭落回地面时位移 $s_2=-250$ 米，设经过时间 t_2，则由

$$s_2=v_1t_2-\frac{1}{2}gt_2^2,$$

得

$$-250\text{ 米}=50\text{米/秒}\times t_2-\frac{1}{2}\times 10\text{米/秒}^2\times t_2^2,$$

$$t_2^2-10t_2-50=0,$$

解得

$$t_2=(5+5\sqrt{3})\text{ 和 } t_2=(5-5\sqrt{3})\text{（舍）}.$$

所以，火箭从开始发射到落回地面的时间 $t=t_1+t_2=(10+5+5\sqrt{3})$ 秒 $=23.7$ 秒.

说明 (1) 对加速度不同的几段匀变速运动，应该按加速度分段分析计算，不仅对本题是这样，对其他类似的题也应这样.

(2) 位移公式中的 s 是从初始时刻算起的，火箭后一阶段竖直上抛时，初速 v_1 竖直向上为正，重力加速度和位移 s_2 方向都向下，都应取负值.

【例 2】 质点作匀加速直线运动，由质点通过 A 点开始计时，经过时间 t 质点通过路程 s_1，再经过时间 t 质点通过路程为 s_2，求质点通过 A 点时的速度.

分析与解答

设质点通过 A 点时的速度为 v_0，通过 B 点时的速度为 v_1，加速度为 a. 由匀变速直线运动公式得

$$s_1=v_0t+\frac{1}{2}at^2, \tag{1}$$

$$s_2=v_1t+\frac{1}{2}at^2, \tag{2}$$

$$v_1=v_0+at, \tag{3}$$

把 v_1 值代入(2)式，再与(1)式相减得

$$s_2-s_1=at^2, \tag{4}$$

由(4)式求得 a，代入(1)式最后求得

$$v_0=\frac{3s_1-s_2}{2t}.$$

另一解法是：设通过 C 点的速度为 v_2，则

$$s_1=\frac{v_0+v_1}{2}t, \tag{5}$$

$$s_2=\frac{v_1+v_2}{2}t, \tag{6}$$

$$v_1=\frac{v_0+v_2}{2}, \tag{7}$$

联立(5)，(6)，(7)解得

$$v_0=\frac{3s_1-s_2}{2t}.$$

说明 (1) 注意(4)式即 $s_2-s_1=at^2$ 对匀变速直线运动都适用，即匀变速直线运动中任意

两个连续相等的时间 t 里的位移之差都等于 at^2.

(2) 注意(7)式即$v_1=\dfrac{v_0+v_2}{2}$ 表明,一段匀变速直线运动中间时刻的速度等于初速与末速的平均值,也等于这一段时间内的平均速度. 这个结论对一般匀变速直线运动都适用.

(3) 本题还有其他解法,用平均速度解较简便.

【例 3】 从 h 高的悬岩上掉下一石块 A,同时在 A 的正下方的悬岩底部,以初速 v_0 把石块 B 竖直向上抛出. 求 A,B 在空中相遇的地点.(讨论相遇的条件可不计空气阻力.)

分析与解答

选取坐标如图 1-1 所示,悬岩底部 B 的抛出点为坐标原点 O,竖直向上方向为 y 轴正向. A,B 的位置 y_A, y_B 随时间 t 的变化是:

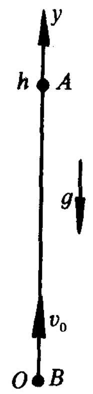


图 1-1

$$y_A=h-\frac{1}{2}gt^2, \qquad (1)$$

$$y_B=v_0t-\frac{1}{2}gt^2, \qquad (2)$$

A,B 相遇时,时间 t 相同,位置相同即$y_A=y_B$, 所以

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

$$v_0t=h,$$

$$t=\frac{h}{v_0}.$$

所以,相遇地点 $y=h-\dfrac{1}{2}g\left(\dfrac{h}{v_0}\right)^2=h\left(1-\dfrac{gh}{2v_0^2}\right)$.

讨论 A,B 在空中相遇时 y 一定大于零, 即 $h\left(1-\dfrac{gh}{2v_0^2}\right)>0$, 又因 $h>0$,所以

$$1-\frac{gh}{2v_0^2}>0,$$

$$v_0>\sqrt{\frac{gh}{2}}.$$

这就是 A,B 在空中相遇的条件.

相遇时间 $t=\dfrac{h}{v_0}$, A 在空中运动时间 $t_A=\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$,B 在空中运动时间 $t_B=\dfrac{2v_0}{g}$. 在空中相遇必须 $t<t_A$, $t<t_B$.

$$t<t_A, \text{ 即 } \frac{h}{v_0}<\sqrt{\frac{2h}{g}}, \text{ 就是 } v_0>\sqrt{\frac{gh}{2}}.$$

$$t<t_B, \text{ 即 } \frac{h}{v_0}<\frac{2v_0}{g}, \text{ 就是 } v_0>\sqrt{\frac{gh}{2}}.$$

这就说明 $v_0>\sqrt{\dfrac{gh}{2}}$ 的条件与 $t<t_A,t<t_B$ 是一致的.

A,B 相遇有两种情况: 一种是 B 处于上升阶段与 A 相遇,$t<\dfrac{v_0}{g}$,即 $\dfrac{h}{v_0}<\dfrac{v_0}{g}$,也就是 $v_0>\sqrt{gh}$;另一种是 B 处于下降阶段与 A 相遇,$t>\dfrac{v_0}{g}$,即 $\dfrac{h}{v_0}>\dfrac{v_0}{g}$,也就是 $v_0<\sqrt{gh}$.

所以当 $\sqrt{gh}>v_0>\dfrac{\sqrt{gh}}{2}$ 时,B 在下降阶段与 A 相遇. 当 $v_0>\sqrt{gh}$ 时,B 在上升阶段与 A 相遇,两种情况都包含在相遇条件 $v_0>\sqrt{\dfrac{gh}{2}}$ 中.

说明 (1) 用坐标法解题非常清晰、准确，值得同学学习．本题中 y 轴向上，重力加速度都取负值．不取坐标用位移也能解本题，请同学自己思考、比较．

(2) 相遇时间 $t=h/v_0$ 可以这样理解：A,B 都具有相同的加速度 g，以 A 为参照物，B 以速度 v_0 向 A 作匀速直线运动，开始时 A,B 相距为 h，所以经过时间 $t=h/v_0$ 两者相遇．

(3) 本题没有给出 h, v_0 的具体数值，A,B 不一定能在空中相遇．显然，当 h 较大而 v_0 又过小，以致当 B 落回地面时 A 还在空中运动，A,B 就不能相遇．所以，我们要仔细分析相遇的条件．

二、平抛运动

质点初速 v_0 为水平方向，加速度为 g 的运动是平抛运动，这是匀变速曲线运动的一种．一般的匀变速曲线运动是指加速度为恒量的曲线运动，包括：平抛运动、斜抛运动、点电荷在匀强电场中的曲线运动及其他质点在恒力作用下的曲线运动．研究匀变速曲线运动的方法是运动分解合成法，一般是选取两个互相垂直的坐标轴方向，其中一个坐标轴的方向与加速度在同一条直线上，把匀变速曲线运动看成一个匀速直线运动和一个匀变速直线运动的合运动．

平抛运动选取抛出点为坐标原点，v_0 方向为 x 轴正向，y 轴正向竖直向下．平抛运动是 x 方向的匀速运动与 y 方向的自由落体运动的合运动．运动规律是

$$\begin{cases}x=v_0t,\\ y=\dfrac{1}{2}gt^2,\end{cases}\qquad \begin{cases}v_x=v_0,\\ v_y=gt,\end{cases}\qquad \begin{cases}a_x=0,\\ a_y=g.\end{cases}$$

【例 1】 飞机在距地面高度为 h 处以水平速度 v_0 匀速飞行，目标在飞行前方，求瞄准角(瞄准器到目标的视线与竖直线的夹角)多大时投放炸弹才能正好击中目标？

分析与解答

如图 1-2 所示，炸弹离开飞机后作初速为 v_0 的平抛运动．设目标为 A，炸弹落到 A 时竖直位移为 h．水平位移为 x，则

$$x=v_0t, \tag{1}$$

$$h=\frac{1}{2}gt^2. \tag{2}$$

OA 与竖直方向的夹角为瞄准角 θ，由图知

$$\tan\theta=\frac{x}{h}. \tag{3}$$

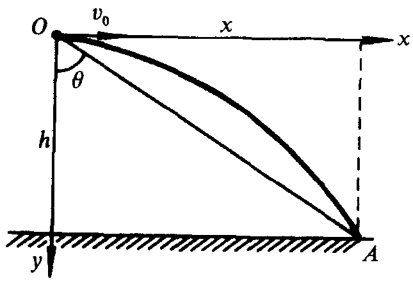


图 1-2

由(2)式得 $t=\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$，代入(1)式得

$$x=v_0\sqrt{\frac{2h}{g}},$$

$$\tan\theta=v_0\sqrt{\frac{2}{gh}},\qquad \theta=\arctan v_0\sqrt{\frac{2}{gh}}.$$

说明 (1) 瞄准角 θ 是炸弹落地时位移 OA 与竖直方向间的夹角，θ 不等于炸弹落地速度与竖直方向的夹角 α. 炸弹落地时水平速度为 v_0，竖直速度 $v_y=\sqrt{2gh}$，$\tan\alpha=\dfrac{v_0}{v_y}=v_0\sqrt{\dfrac{1}{2gh}}$，$\alpha=\arctan v_0\sqrt{\dfrac{1}{2gh}}$．比较可知 $\theta>\alpha$.

(2) 请读者思考：若目标不是静止的而是沿水平地面运动，则瞄准角应如何改变？

【例 2】 从空中同一点沿水平方向同时抛出两个小球，它们的初速度大小分别是 v_{01} 和 v_{02}，它们的初速度方向相反．求经过多长时间 t 两小球速度之间的夹角等于 90°.

分析与解答

如图 1-3 所示，经过时间 t，两小球的竖直分速度都是 gt，小球 1 的速度 v_1 与 x 轴正向的夹角 φ_1 为

$$\tan\varphi_1=\frac{gt}{v_{01}}, \tag{1}$$

小球 2 的速度 v_2 与 x 轴正向的夹角 φ_2 为

$$\tan\varphi_2=-\frac{gt}{v_{02}}, \tag{2}$$

由图知

$$\varphi_2=\varphi_1+\frac{\pi}{2}, \tag{3}$$

由(1)，(2)，(3)式解得

$$t=\frac{\sqrt{v_{01}v_{02}}}{g}.$$

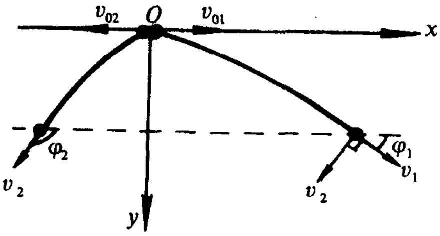


图 1-3

【例 3】 如图 1-4 所示，在高出水面为 h 的河岸上用恒定的速率 v_1 拉绳，使船向岸靠近．求当绳与水面夹角为 θ 时，船的速度 $v_2=$?

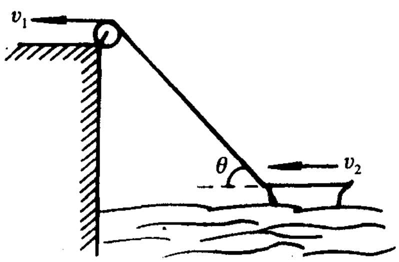


图 1-4

分析与解答

我们分析船与绳连结点 A 的运动情况．如图 1-5 所示，当河岸上以 v_1 速率收绳时，A 点一方面沿绳方向运动，另一方面绕 O 点顺时针转动．即在极短时间 Δt 内，A 点的位移 $\overline{AB}=v_2\Delta t$ 是 A 点沿绳方向的分位移 $\overline{AA'}=v_1\Delta t$ 与 A 点绕 O 点转动的分位移 $\overline{A'B}$ 的矢量和．由图知

$$\overline{AB}=\frac{\overline{AA'}}{\cos\theta},$$

故

$$v_2=\frac{v_1}{\cos\theta}.$$

即以恒定速率 v_1 收绳，船沿水面前进的速度 $v_2=\frac{v_1}{\cos\theta}$ 不是恒定的，v_2 随 θ 角的增大而增大，船做变加速运动．

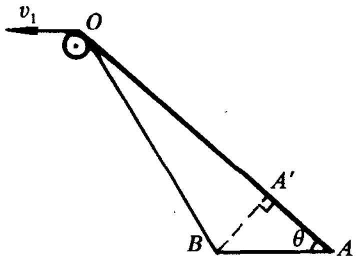


图 1-5

说明 (1) 求解问题时分清楚合运动与分运动极为重要．本题如果把 A 点沿绳方向的速度 v_1 分解为水平向左的速度 $v_1\cos\theta$ 和竖直向上的速度 $v_1\sin\theta$，并认为 $v_2=v_1\cos\theta$ 则是错误的．我们应该注意到在拉绳过程中，绳要绕 O 点顺时针转动，A 点沿河面运动的速度 v_2 是合速度，它的一个分速度是 A 点沿绳方向运动的速度，另一个分速度是因绳绕 O 点转动而产生

的垂直于绳的速度(在图 1-5 中，v_1 产生位移 $\overline{A'B}$).

(2) 本题说明我们应该深入细致地分析物体的实际运动过程，不要犯片面性的错误．同学可分析两个类似的问题：如图1-6 所示，汽车以速度 v_1 水平匀速前进，绳与水平面的夹角为 θ 时，重物上升的速度 $v_2=$？ ($v_1\cos\theta$)；又如图1-7 所示，当两绳间夹角为 θ，重物 M 以速度 v_1 下降时，两边重物 m 上升速度相同，m 上升的速度 $v_2=$？ $\left(v_1\cos\dfrac{\theta}{2}\right)$

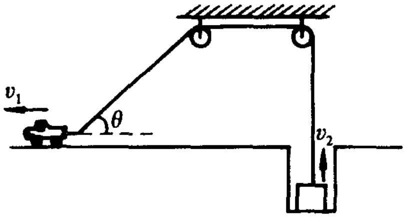


图 1-6

【例 4】 一条宽为 d 的河流，河水流速为 v_1，船在静水中的航速为 v_2，要使船划到对岸时航程最短，船头应指向什么方向？最短航程是多少？

分析与解答

船在河流中航行时，由于河水流动要带动船一起运动，船的实际运动即船相对于岸的运动是船在静水中的运动和船随水飘流的运动的合运动．所以，船的实际运动速度 v 是 v_2 与 v_1 的矢量和．

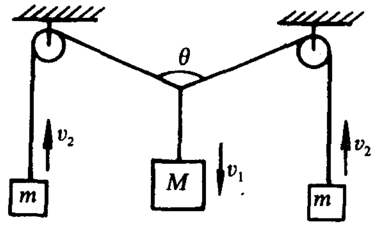


图 1-7

当 $v_2>v_1$ 时，船头斜向上游与岸夹角为 θ，船速 v 可垂直河岸，航程最短为 d．如图 1-8(1) 所示，$\cos\theta=\dfrac{v_1}{v_2}$，

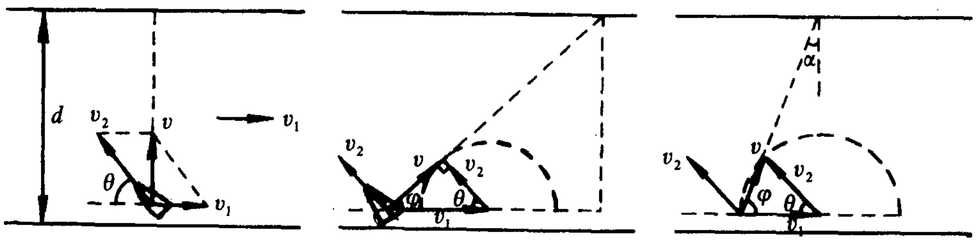


图 1-8

即船头指向斜上游、与岸夹角 $\theta=\arccos\dfrac{v_1}{v_2}$.

当 $v_2<v_1$ 时，用三角形法则分析，如图 1-8(2) 所示，当 v 的方向与圆相切时，v 与岸的夹角 φ 最大，航程最短．设航程为 s，则由图知 $\dfrac{s}{d}=\dfrac{v_1}{v_2}$，所以

$$s=\frac{v_1}{v_2}d.$$

船头指向斜上游，与岸夹角 $\theta=\arccos\dfrac{v_1}{v_2}$.

当 $v_2=v_1$ 时，如图 1-8(3) 所示，θ 越小则 φ 越大航程越短，但此时 v 变小，渡河时间变长．

由图知 $\alpha=\dfrac{\theta}{2}$，而 $\cos\dfrac{\theta}{2}=\dfrac{d}{s}$，所以 $s=\dfrac{d}{\cos\dfrac{\theta}{2}}$. 这时船头指向斜上游，与岸夹角为 $\theta(\theta\neq 0)$，航程 $s=\dfrac{d}{\cos\dfrac{\theta}{2}}$，$\theta$ 值越大航程越短：

说明 本题题意未指出 v_1,v_2 大小，所以，我们应该分别就三种可能情况分析讨论.

三、匀速圆周运动

质点沿圆弧运动，如果在任意相等的时间内通过的弧长相等，则质点的运动是匀速圆周运动，即质点以恒定速率沿圆弧运动.

匀速圆周运动的线速度 $v=\dfrac{s}{t}$，v 沿圆弧切线方向. 角速度

$$\omega=\frac{\varphi}{t}.$$

v,ω，周期 T，频率 f，半径 r 间关系为

$$v=r\omega=\frac{2\pi r}{T}=2\pi rf,$$

$$\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f.$$

向心加速度

$$a=\frac{v^2}{r}=\omega^2r=\frac{4\pi^2}{T^2}r=4\pi^2f^2r.$$

【例 1】 如图 1-9 所示为质点 P,Q 作匀速圆周运动时向心加速度随半径变化的图线，表示质点 P 的图线是双曲线，表示质点 Q 的图线是过原点的一条直线. 由图线可知________.

A. 质点 P 的线速度大小不变

B. 质点 P 的角速度大小不变

C. 质点 Q 的角速度随半径变化

D. 质点 Q 的线速度大小不变

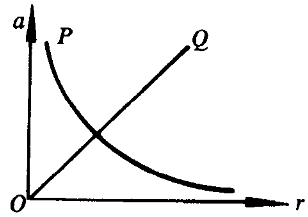


图 1-9

分析与解答

质点的线速度大小不变时，向心加速度 $a=v^2/r$，即 a 与 r 成反比，$a-r$ 图线是双曲线，A正确.

质点的角速度大小不变时，$a=\omega^2r$，即 a 与 r 成正比，$a-r$ 图线是过原点的一条直线，所以，B,C,D 都错误.

【例 2】 雨伞边缘到伞柄的距离为 r，伞边缘距地面高为 h. 当雨伞以角速度 ω 绕伞柄匀速转动时，雨滴从伞边缘水平甩出. 求雨滴落到地面的位置.(不计空气阻力.)

分析与解答

如图 1-10 所示，雨滴从伞边缘甩出后做平抛运动，雨滴水平初速 $v_0=\omega r$，落地时水平

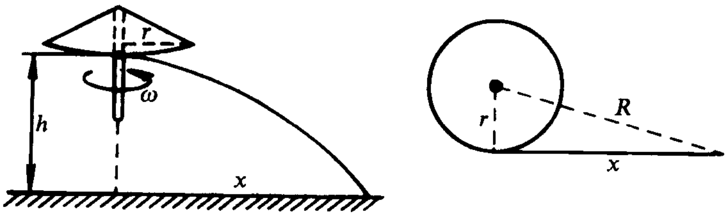


图 1-10

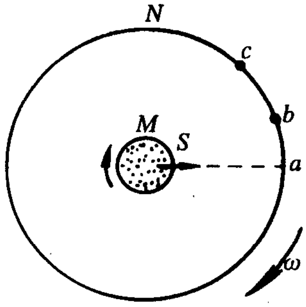


图 1-11

飞行距离 $x=v_0t$.

雨滴空中飞行时间可由公式 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 求出：$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$，所以

$$x=\omega r\sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

雨滴落到地面的位置在半径为 R 的圆周上，由图知

$$R=\sqrt{r^2+x^2}=r\sqrt{1+\frac{2\omega^2h}{g}}.$$

说明 要注意建立雨滴空中飞行的空间图象，雨滴落到地面所形成的圆周，它的半径不是 x 而是 R.

【例 3】 图 1-11 中 M,N 是两个共轴圆筒的横截面，外筒半径为 R，内筒半径比 R 小很多，可以忽略不计，筒的两端是封闭的，两筒之间抽成真空．两筒以相同的角速度绕其中心轴线（图中垂直于纸面）做匀速转动．设从 M 筒内部可以通过窄缝 S（与 M 筒的轴线平行）不断地向外射出两种不同速率 v_1 和 v_2 的微粒，从 S 处射出的初速度方向都是沿筒的半径方向，微粒到达 N 筒后就附着在 N 筒上．如果 R, v_1 和 v_2 都不变，而 ω 取某一合适的值，则________.

A. 有可能使微粒落在 N 筒上的位置都在 a 处一条与 S 缝平行的窄条上

B. 有可能使微粒落在 N 筒上的位置都在某一处如 b 处一条与 S 缝平行的窄条上

C. 有可能使微粒落在 N 筒上的位置分别在某两处如 b 处和 c 处与 S 缝平行的窄条上

D. 只要时间足够长，N 筒上将到处都落有微粒

分析与解答

微粒从 S 缝射出的速度方向总指向 N 筒上 a 点．微粒从 S 到达 N 需要一定的时间，在这段时间内 N 转过一定角度，分析 N 转过角度与时间的关系可得到结论．

设微粒速度为 v，微粒从 M 运动到 N 的时间 $t=\frac{R}{v}$．在时间 t 内 N 转过角度 $\theta=\omega t=\frac{\omega R}{v}$．微粒到 N 上某点 p，Mp 与 Ma 间夹角为 θ．微粒速度为 v_1 时 $\theta_1=\frac{\omega R}{v_1}$，速度为 v_2 时 $\theta_2=\frac{\omega R}{v_2}$．

在 R,v_1,v_2 都一定时，我们可选择 ω 的某一合适的值，使 θ_1, θ_2 都等于 $n\cdot 2\pi$，n 为正整数，即使 $\theta_1=\frac{\omega R}{v_1}=n_1\cdot 2\pi$，$\theta_2=\frac{\omega R}{v_2}=n_2\cdot 2\pi$，从而 $n_1v_1=n_2v_2$，所以 $\omega=\frac{n_1v_1\cdot 2\pi}{R}=\frac{n_2v_2\cdot 2\pi}{R}$.

微粒落在 N 上的位置都在 a 处，A 正确.

如果选择 ω 值使 $\theta_1=\theta_0+n_1\cdot 2\pi$, $\theta_2=\theta_0+n_2\cdot 2\pi$，其中 θ_0 是 Ma 与 Mb 间的夹角，则微粒都落在 N 上的 b 处，B 正确.

如果选择 ω 值使 $\theta_1=\theta_0+n_1\cdot 2\pi$, $\theta_2=\theta_1+n_2\cdot 2\pi$, θ_2 是 Mc 与 Ma 间的夹角，则微粒分别落在 N 上 b,c 两处，C 正确.

R,v_1,v_2 一定，我们只能选择 ω 的一个值，所以，微粒只能落到 N 筒上的一处或两处，不可能落到 N 上所有的地方，D 错误.

说明 本题不能乱套公式，我们应该在认真审题的基础上抓住关键，深入细致地分析 N 筒转动角度 θ 与微粒运动时间 t 的关系得到答案.

四、运动图象

用运动图象($s-t$ 图象，$v-t$ 图象等)来分析研究运动具有直观、形象的特点，是一种常用的方法. 应用运动图象时，首先要明确两个坐标轴的含义和图象上一个点的物理意义，s-t 图象上一个点表示某一时刻质点的位置，v-t 图象上一个点表示某一时刻质点的速度. 其次要明确图象上一条线的物理意义，s-t 图象上的一条线表示质点位置随时间变化的过程. $v-t$ 图象上的一条线表示质点速度随时间变化的过程. 还应该清楚图象上某一点的切线的物理意义，$s-t$ 图象上某点的切线的斜率表示该时刻质点的速度. v-t 图象上某点的切线的斜率表示该时刻质点的加速度. 对 $v-t$ 图象，还应该清楚图象上的一条线与横轴所围面积的大小等于该段时间内质点通过的位移.

【例 1】 作匀变速直线运动的物体先后经过 A,B 两点，它在中间位置的速度为 v_1, 在中间时刻的速度为 v_2, 则________.

A. 物体加速运动时，$v_1>v_2$

B. 物体加速运动时，$v_1<v_2$

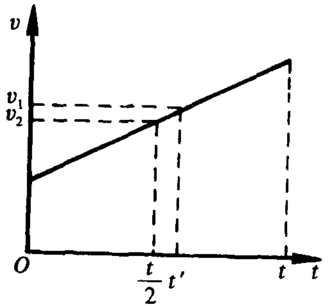
C. 物体减速运动时，$v_1>v_2$

D. 物体减速运动时，$v_1<v_2$

分析与解答

我们用 $v-t$ 图象来分析，如图 1-12(1) 所示，物体匀加速运动时，根据 v-t 图象上一条线与横轴所围面积的大小等于该段时间内质点通过的位移知，中间位置所对应的时刻 $t'>\frac{t}{2}$，所以，$v_1>v_2$.

如图 1-12(2) 所示，物体匀减速运动时，中间位置对应的时刻 $t'<\frac{t}{2}$，所以，$v_1>v_2$.



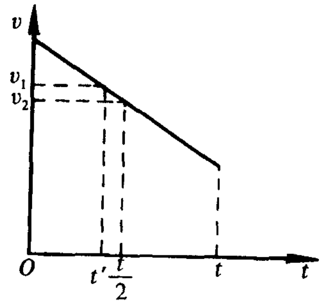


图 1-12

A, C 正确．

说明 请同学用公式法分析本题，再与 v-t 图象的分析法作一比较．

【例 2】 汽车由 A 地从静止出发，沿平直公路驶向 B 地．汽车先以加速度 a_1 作匀加速运动，中间可作匀速运动，最后以加速度 a_2 作匀减速运动，到 B 地恰好停下．已知 A，B 两地相距为 s，求汽车行驶完全程的最短时间和最大速度．

分析与解答

首先应判定汽车的行驶方式，即中间匀速行驶的时间多长才能使整个行程的时间最短．

汽车运动的 v-t 图象如图 1-13 所示，不同的图线对应汽车匀速行驶的时间不同．汽车的位移都是 s，不同的图线与横轴所围的面积应相等．由图可见，汽车匀速运动时间越长，则由 A 到 B 所用的时间就越长．所以，汽车先加速运动、后减速运动、中间无匀速运动的时间最短．

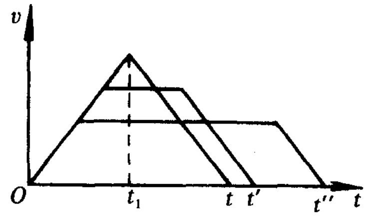


图 1-13

设汽车加速运动时间为 t_1，通过位移为 s_1，减速运动时间为 t_2，则有

$$a_1t_1 = a_2t_2, \tag{1}$$

$$s_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2, \tag{2}$$

$$s - s_2 = \frac{1}{2}a_2t_2^2. \tag{3}$$

联立 (1)，(2)，(3) 解得 $$t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{2s(a_1+a_2)}{a_1a_2}},$$

汽车最大速度 $$v_{max} = a_1t_1 = \sqrt{\frac{2a_1a_2s}{a_1+a_2}}.$$

说明 本题关键在于判定汽车行驶方式，如用公式法分析是较繁琐的．用 v-t 图象分析判定、计算，直观、形象，物理意义鲜明，计算简捷．

【例 3】 一个小女孩在蹦床上玩，她从高处落至蹦床后又被弹回．下列图 1-14 中哪个图象能表示女孩的加速度随时间变化的情况．

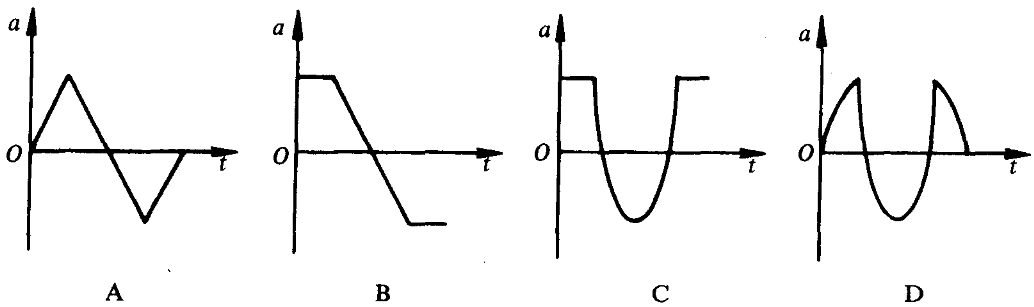


图 1-14