

丛书主编 陈东旭



2006

同步辅导用书

依据教育部最新《教学大纲》编写

学习的艺术

物理
〔高一下册〕

吉林文史出版社

学习的艺术

物 理

江西金太阳教育研究所

主 编:谭锦生

副主编:琚烈辉 黄正玉 刘占想 胡 勇

编 委:(按姓氏笔划排列)

王经文 刘占想 刘保如 何卫国

张万炳 张美玲 陈 斌 胡 勇

陶成龙 盛新发 黄正玉 琚烈辉

谭锦生

吉林文史出版社

图书在版编目(CIP)数据

学习的艺术. 高一物理. 下册 / 陈东旭主编. —长春: 吉林文史出版社, 2005. 10

ISBN 7-80702-310-4

I. 学... II. 陈... III. 物理课—高中—教学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 114923 号

书 名 学习的艺术(高一)

丛书主编 陈东旭

责任编辑 周海英

出版发行 吉林文史出版社

地 址 长春市人民大街 4646 号 130021

印 刷 南昌市印刷一厂

规 格 787 mm × 1092 mm

开 本 16 开本

印 张 92 印张

字 数 2668 千字

版 次 2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-80702-310-4

定 价 110.00 元



成功者说：“学而有道”。那么，何为学之“道”？“道”在何方？让我们一起来翻开金太阳教育研究所倾情打造的《学习的艺术》一书吧！书中的讲解深入浅出，翔实高效；练习新颖别致，难易适中，这就是问题的答案。

古人常说，授人以鱼，不如授人以渔。《学习的艺术》这套丛书，在经过长期、广泛、细致地调研的基础上，集合全国一大批教学一线的名师，将他们的教学心得、复习方法和应试技巧融于书中，让大家在学习中懂得更多的艺术，考试更轻松。

本丛书以课时为编写单元，与实际教学保持良好同步，教师与学生使用很方便。在内容上既有知识的辅导、技巧和方法的指导，又有生动活泼的相关情景，体现实用性与趣味性的紧密结合。

《学习的艺术》高一物理栏目设置及特点如下：

课前导航 兴趣是学习的动力。我们在每一讲的开始，根据本讲内容设置了一则趣味性的阅读材料，并针对性地设置了2-3个问题。学生通过对材料的阅读，能激发学习的兴趣及对问题探究的欲望。

知识精析 经验丰富的一线教师，根据《教学大纲》的要求并结合他自己的实际教学经验，对本讲知识进行归纳性梳理，精析重点，突破难点。翻开本书你就会发现，这里精析的重、难点内容，正是你感到困难的、难以理解的内容，读后能使你茅塞顿开。

方法指导 有道是“技巧胜于力量”。我们聘请了经验丰富、指挥有度的教练，给你传授作者经验和破敌绝招。在这里，经验丰富的一线教师给你介绍对规律的理解、记忆及对知识的总结、归纳等方面的技巧和方法；以例题为主线分类，介绍分析和解决实际问题的方法，重要的方法还设置了变式训练题，使你能触类旁通，举一反三，熟练生巧。

互动平台 通过诙谐幽默的师生或生生对话，在一种轻松的氛围中，解决本讲知识的疑点、学习中的困惑及容易出现的典型错误，达到释疑、解惑、纠错的目的。

高考链接 在每一单元的单元小结中，通过高考链接栏目，分析本单元知识在以前的高考中是怎么考的，在以后的高考中可能的考查方向，目的是让同学们知道本单元知识在高考中的表现形式，尽早熟悉高考题型，了解高考命题思路和动向。

同步达标 设置了与书配套的梯度性很强的训练题，分基础闯关和拔高训练两个层次。基础闯关题重在构建知识、巩固知识、应用和迁移知识；拔高训练题则注重综合应用，供学有余力的同学选做。

一位名师能引领你走进科学的殿堂，一本好书能改变你一生的命运。认真研读这套丛书吧，拥有她，你会领略到学习的艺术，她会成为你的良师益友，会照亮你前进的道路。愿《学习的艺术》助你顺利走向高考。

本书读者如有疑难问题，可来信、来电与我们联系，本研究所将及时帮您排忧解难。联系方式见书后。

编者
2005年10月



Contents

课时 1 曲线运动	(1)
课时 2 运动的合成与分解	(3)
课时 3 平抛物体的运动	(6)
课时 4 阶段性巩固(课时 1~3)	(9)
课时 5 匀速圆周运动	(12)
课时 6 向心力 向心加速度	(14)
课时 7 匀速圆周运动的实例分析	(17)
课时 8 离心现象及其应用	(20)
课时 9 阶段性巩固(课时 5~8)	(23)
课时 10 实验:研究平抛物体的运动	(25)
课时 11 《曲线运动》单元小结	(28)
《曲线运动》单元测试卷	(32)
课时 12 行星的运动	(35)
课时 13 万有引力定律	(37)
课时 14 引力常量的测定	(40)
课时 15 万有引力定律在天文学上的应用	(42)
课时 16 人造卫星 宇宙速度	(44)
课时 17 《万有引力定律》单元小结	(48)
《万有引力定律》单元测试卷	(52)
课时 18、19 期中复习	(55)
期中测试卷	(58)
课时 20 功	(61)
课时 21 功率	(63)
课时 22 功和能	(66)
课时 23 动能 动能定理	(67)
课时 24 阶段性巩固(课时 20~23)	(70)
课时 25 重力势能	(72)
课时 26 机械能守恒定律	(73)
课时 27 机械能守恒定律的应用	(76)
课时 28 阶段性巩固(课时 25~27)	(77)
课时 29 实验:验证机械能守恒定律	(79)
课时 30 实验:探究弹力和弹簧伸长的关系	(81)
课时 31、32 《机械能》单元小结	(82)
《机械能》单元测试卷	(85)
课时 33 期末复习(曲线运动)	(88)
课时 34 期末复习(万有引力定律)	(90)
课时 35 期末复习(机械能)	(92)
期末测试卷	(95)
参考答案	(97)
附录:同步达标	(共 67 页)

课时 1 曲线运动

课前导航

精彩绝伦的“弧线球”

在精彩的足球比赛里,我们常常可以看到这样的镜头(如图 1-1 所示):一位球员抬起一脚射门,皮球划出一道美妙的弧线直奔球门死角,令守门员鞭长莫及,只能望球兴叹!



图 1-1

请你思考:

1. 足球在飞向球门的过程中受到哪些力的作用? 足球做何种运动?(不考虑空气阻力,忽略足球的旋转)
2. 足球在不同位置的速度方向是否相同? 你能否确定在某时刻足球的速度方向?(忽略足球的旋转)

知识精析

1. 曲线运动的定义

运动轨迹是曲线的运动叫做曲线运动。实际中大多数物体的运动都是曲线运动,如宇宙空间中天体的运动、地面上水平抛出的石块的运动、原子内电子的运动等等。

2. 曲线运动的速度

速度是一个矢量,既有大小,又有方向。假如在运动过程中只有速度大小的变化,而物体的速度方向不变,则物体只能做直线运动。因此,若物体做曲线运动,表明物体的速度方向发生了变化。

从课本的观察实验现象可以知道,做曲线运动的质点脱离曲线后,在曲线的切线方向上做直线运动。根据牛顿第一定律可以做出这样的分析:质点脱离曲线后不受力的作用时,由于惯性它会保持脱离曲线时的速度做匀速直线运动,所以质点做曲线运动时,速度的方向是时刻改变的,任一时刻(或任一位置)的瞬时速度的方向与这一时刻质点所在位置处的曲线的切线方向一致,并指向质点运动的方向。

因为速度是矢量,物体做曲线运动时,速度的方向不断变化,所以曲线运动是变速运动。

3. 曲线运动的条件

从理论上讲,物体的运动轨迹和性质决定于其所

受的合外力和运动的初速度。

从动力学上分析,当物体所受合力的方向跟它的速度方向不在同一直线上时,物体就做曲线运动。

从运动学上分析,当物体的加速度方向跟它的速度方向不在同一直线上时,物体就做曲线运动。

物体在切线方向上的受力分量(或加速度分量)决定着速度大小的变化。

力与运动的关系		
受力情况与初速度的关系		运动性质
$F_{\text{合}}=0$, 初速度 $v_0=0$ 或 $v_0 \neq 0$		静止或匀速直线运动
$F_{\text{合}}$ 恒定, 且方向与 v_0 在同一直线上	$F_{\text{合}}$ 方向与 v_0 相同	匀加速直线运动
	$F_{\text{合}}$ 方向与 v_0 相反	匀减速直线运动
$F_{\text{合}}$ 方向与 v_0 不在同一直线		曲线运动

4. 曲线运动的特点

- (1) 曲线运动的运动轨迹是一条曲线。
- (2) 曲线运动是一种变速运动,其速度方向时刻在变化。
- (3) 做曲线运动的质点,其所受的合外力一定不为零,即一定具有加速度。

5. 曲线运动的加速度

曲线运动的加速度 $a \neq 0$ 且 a 与 v 不在同一直线上,故可将 a 分解为沿切线方向的 a_1 和垂直于切线方向的 a_2 。当 a_1 与 v 同向时,速率增大,如图 1-2 甲所示;当 a_1 与 v 反向时,速率减小,如图 1-2 乙所示。如果物体做曲线运动的速率不变,这表明 $a_1=0$,此时物体的合加速度方向与速度方向垂直。

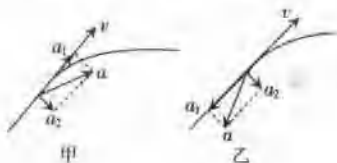


图 1-2

沿法线方向的加速度 a_2 反映速度方向改变的快慢。由于曲线运动的速度方向时刻在改变,合外力的这一作用效果对任何曲线运动总是存在的。

可见,在曲线运动中,法向加速度 a_2 反映了速度方向改变的快慢;切向加速度 a_1 反映了速度大小改变的快慢。

方法指导

一、曲线运动的特点

例1 关于曲线运动,下列说法中正确的是()

- A. 曲线运动是一种变速运动
- B. 做曲线运动的物体的合外力一定不为零
- C. 做曲线运动的物体所受的合外力一定是变化的
- D. 曲线运动不可能是一种匀变速运动

解析:当运动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,物体就做曲线运动。曲线运动中速度的方向是时刻改变的,所以曲线运动是一种变速运动,曲线运动具有加速度,由 $F=ma$ 知合外力不为零,故选项 A、B 正确。

决定物体做曲线运动的因素是合外力与速度的方向不在同一直线上,而不是恒力或变力。若合外力变化,物体做变加速运动;若合外力不变,则做匀变速运动。所以,选项 C、D 错误。

本题的正确答案应是 A、B。

点评:本题主要考查了对曲线运动特点的理解,分析的关键是要在思维上克服已有的错误定势,如“曲线运动的加速度一定是变化的”等。

二、曲线运动的速度方向

例2 某曲线滑梯如图 1-3 甲所示,试标出小孩从滑梯上滑下时在 A、B、C、D 各点的速度方向。

解析:曲线运动中速度的方向是时刻改变的,质点在某一点的速度方向就是在曲线的这一点的切线方向。所以,小孩从滑梯上滑下时,经过 A、B、C、D 点的速度方向应如图 1-3 乙所示。

点评:本题主要考查了对曲线运动速度方向的判断,曲线运动瞬时速度的方向就是质点脱离曲线后自由运动的方向,即曲线的切线方向。

变式训练 如图 1-4 是抛出的铅球的运动轨迹示意图(把铅球看成质点)。画出铅球沿这条曲线运动时在 A、B、C、D、E 各点的速度方向,及铅球在各点的受力方向。(空气阻力不计)

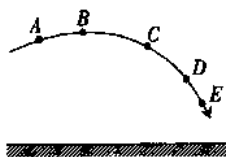


图 1-4

三、曲线运动的轨迹

例3 一物体由静止开始下落一小段时间后突然受到一恒定的水平风力的影响,但物体着地前的一小段时间风力突然停止,则物体运动轨迹的情况可能是图 1-5 甲中的 ()

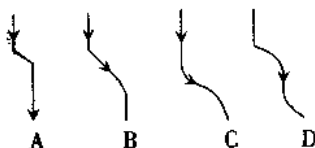


图 1-5 甲

解析:开始下落的一小段时间内,物体在重力的作用下做自由落体运动,设在 A 点时有竖直向下的速度 v ,此时突然受到一恒定的水平风力的作用,则水平风力与重力的合力为 F , F 与 v 成一夹角 θ ,物体开始做匀变速曲线运动。

假设风力水平向右,将出现如图 1-5 乙所示的曲线 AB 段;若风力向左,将出现如图 1-5 丙所示的曲线 AC 段。假设上面两种情况下到达 B 点或 C 点时风力突然停止,物体只在重力作用下,分别沿曲线 BD 或 CE 运动,并且 D 或 E 点的速度不可能沿竖直向下。因为 BD 或 CE 段的水平分速度始终没有变化,落到地面时合速度必与地面成一夹角。

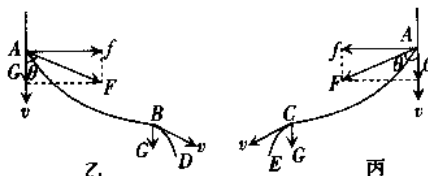


图 1-5

综合以上分析可知只有选项 C 正确。

点评:本题中分析的关键是找出开始受到水平风力影响的 A 点和风力停止作用的 B 点或 C 点,然后画出这两个位置的瞬时速度方向,根据速度变化的方向、加速度方向和合力方向这三者间的关系,就不难推出物体运动的轨迹。

曲线运动的轨迹往往比较复杂,根据牛顿第二定律可知,物体加速度的方向就是合外力的方向,而物体速度变化的方向与加速度的方向相同。所以一般情况下,物体运动轨迹夹在合外力方向与速度方向之间,且合外力指向曲线轨迹的凹侧。因此处理变力作用下曲线运动轨迹问题的关键是画出一些关键位置的速度方向,再结合外力方向,即可判断。



课时2 运动的合成与分解

变式训练

某质点在恒力 F 作用下,从 A 点沿图 1-6 中的曲线运动到 B 点,到达 B 点后,质点受到的力的大小仍为 F ,但方向相反,则它从 B 点开始的运动轨迹可能是图中的

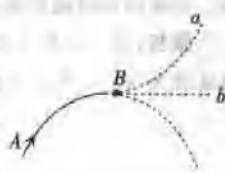


图 1-6

- ()
- A. 曲线 a B. 直线 b
C. 曲线 c D. 三条曲线均有可能



互动平台

育才老师与细心同学关于“弧线球”的对话

细心:老师,我现在知道什么叫“弧线球”了!

育才:那你说说你对“弧线球”的理解。

细心:“弧线球”实际上是足球做曲线运动。球员一脚射门时给了足球一个初速度,而足球在飞向球门的过程中只受到重力的作用,所以足球划出的“弧线”就是足球实际运动的轨迹,其运动性质为匀变速曲线运动。足球在每一时刻的速度方向就是该位置曲线上的切线方向。

育才:你能学以致用,还真行!这里我们不考虑球的旋转,如果考虑这一点,那“弧线球”比你想象的要复杂得多。你可以去找些资料看看。

粗心同学与细心同学关于“曲线运动的速度方向”的对话

粗心:质点做曲线运动时的速度方向会是曲线的切线方向呢?

细心:你知道瞬时速度和平均速度的联系和区别吗?

粗心:知道。当平均速度所取的时间 $t \rightarrow 0$ 时,平均速度就可表示为瞬时速度了。

细心:对啊!在曲线运动中,随着时间取值的减小,由图 1-7 可知时间 t 内位移的方向逐渐向 A 点的切线方向靠近,当时间趋向无限短(即 $t \rightarrow 0$) 时,位移方向即为 A 点的切线方向,故极短时间内的平均速度的方向即为 A 点的瞬时速度方向,即 A 点的切线方向。

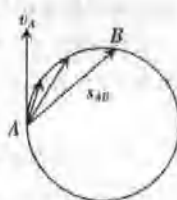


图 1-7

粗心:原来如此!

课时2 运动的合成与分解



课前导航

时间就是生命

台风“卡努”于 2005 年 9 月 11 日 14 时 50 分在浙江省台州市路桥区金清镇登陆后,狂风暴雨袭击浙江省达 13 小时 25 分钟之久,风力一直保持在 12 级以上。很多地方由于持续的暴雨,造成洪水泛滥,广大人民群众的生命和财产受到了严重威胁,在这个关键时刻,我们的解放军战士挺身而出,驾驶着摩托艇一次次将受困群众送到安全地。



图 2-1

请你思考:

在抗洪抢险中,时间就是生命。假设你是一名战士,在救人的地点、船速和水速一定时,你应如何驾驶摩托艇才能在最短的时间内将人送上岸?



知识精析

1. 合运动、分运动及其判断

(1) 合运动:通常是指研究对象实际发生的运动。

(2) 分运动:是指研究对象同时参与的几个运动,或实际运动同时产生的几个运动效果。

(3) 合运动和分运动的判断:判断的关键是确定物体实际的运动,因为一般情况下,物体的实际运动就是合运动。如船在水上航行,水也在流动着,所以我们看到的船对地的实际运动就是合运动,而船在水上航行的运动和水运动是两个分运动,即船对地的运动是船对静水的运动与水对地的运动的合运动。

2. 运动的合成与分解

(1) 运动的合成与分解:从已知的分运动来求合运动,叫做运动的合成;已知合运动求跟它等效的分运



动,叫运动的分解.两者互为逆运算.

(2)合运动分解的原则:与力的分解类似,若没有限制条件,一个实际运动可分解为无数对分运动,但在实际问题中常需按运动的实际“效果”或研究问题的方便进行分解.

(3)合成与分解的方法:运动的合成与分解时,常包括位移、速度和加速度的合成与分解,由于它们都是矢量,所以遵循平行四边形定则,必要时也可采用正交分解等更为有效的方法.

3. 运动的合成与分解的基本关系

(1)运动的等时性:合运动所需时间和对应的每个分运动的时间都相等的.

(2)运动的独立性:一个物体可以同时参与几个不同的分运动,通常各个分运动都是独立进行、互不影响的.

(3)运动的等效性:合运动和分运动是等效替代关系,不能并存,这与合力和分力的关系相同.

(4)运动的矢量性:与运动相关的加速度、速度和位移都是矢量,其合成和分解都遵循平行四边形定则.

4. 合运动的性质和轨迹分析

物体运动的性质和轨迹由初速度和加速度及其关系决定.

两直线运动的合运动的性质和轨迹由各分运动的性质及合初速度与合加速度的方向和大小关系决定.

(1)两个匀速直线运动的合运动一定是匀速直线运动(含静止).

(2)一个匀速直线运动和一个匀变速直线运动的合运动仍然是匀变速运动,当二者共线时为匀变速直线运动,不共线时为匀变速曲线运动(含静止).

(3)两个匀变速直线运动的合运动一定是匀变速运动(含加速度为零).若合初速度方向与合加速度方向在同一条直线上或某个合矢量为零时,则合运动是直线运动;若合初速度方向与合加速度方向不在一条直线上时,则合运动是曲线运动.

由此可见,合运动的性质是由两个分运动的性质决定的.

方法指导

一、同一直线上的运动的合成

例1 某人站在电动扶梯上不动,扶梯正常运行,人经时间 t_1 由一楼升到二楼;如果自动扶梯不动,人从一楼沿扶梯走到二楼所用的时间为 t_2 . 现在扶梯正常运行,人也保持原来的速率沿扶梯向上走,则人从一楼

到二楼所用的时间是多少?

解析:设一楼到二楼的扶梯斜坡长为 s ,扶梯上升的速度为 v_1 ,人相对扶梯的速度为 v_2 ,由题意可得: $v_1 = \frac{s}{t_1}$ 和 $v_2 = \frac{s}{t_2}$

当扶梯以 v_1 正常向上运行,人仍以 v_2 在扶梯上行走时,设人对地的速度为 v ,由运动的合成可知: $v = v_1 + v_2$

所以人从一楼到二楼所用的时间为: $t = \frac{s}{v}$

联立以上各式可得: $t = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}$

点评:本题考查了对运动合成的理解及应用,解题的关键是求出扶梯正常运行、人同时行走时人对地的合运动.

变式训练 船从甲码头顺水到乙码头所用的时间为 t_1 ,返回时逆水行舟用的时间为 t_2 .若水静止时完成往返甲、乙两码头所用的时间为 t_3 .在船速和水速恒定的条件下,下述说法中正确的是 ()

A. $t_3 = t_1 + t_2$

B. $t_3 > t_1 + t_2$

C. $t_3 < t_1 + t_2$

D. 水静止时船往返的平均速率比水流动时船往返的平均速率大

二、互成角度的两个运动的合成

例2 关于互成角度的两个初速度不为零的匀变速直线运动的合运动,下述说法中正确的 ()

A. 一定是直线运动

B. 一定是曲线运动

C. 可能是直线运动,也可能是曲线运动

D. 以上说法都不对

解析:两个运动的初速度合成、加速度合成如图 2-2 所示.当 a 与 v 重合时,物体做直线运动;当 a 与 v 不重合时,物体做曲线运动.由于题目没有给出两个运动的加速度和初速度的具体数值及方向,

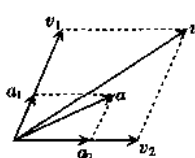


图 2-2

所以,以上两种情况都有可能,故正确答案为 C.

点评:两直线运动的合成,合运动的性质与轨迹是由分运动的性质及合初速度与合加速度的方向关系来决定的.

三、运动的分解

例3 如图 2-3 所示,在河岸上利用定滑轮拉绳索使小船靠岸,拉绳索的速度大小为 v_1 .当船头的绳索与水平面夹角为 θ 时,船的速度多大?



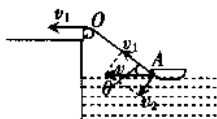


图 2-3

解析:船的实际运动是水平运动,它产生的实际效果有两个:一是A点沿绳的收缩方向的运动;二是A点绕O点沿顺时针方向的转动.所以船的实际速度 v 可分解为船沿绳方向的速度 v_1 和垂直于绳的速度 v_2 ,如图所示.

$$\text{由图可知: } v = \frac{v_1}{\cos \theta}$$

点评:本题主要考查了运动的分解,解题的关键是要分清合速度与分速度.一般情况下,物体相对于给定的参考系(一般为地面)的实际运动就是合运动,本例中,船的实际运动就是合运动.另外,运动的分解要按照它的实际效果进行.本例中,若将拉绳的速度分解为水平方向和竖直方向的分速度,就没有实际意义了,因为船并不存在竖直方向上的分运动.

例 3 降落伞在下落一定时间后的运动是匀速的.在无风时,某跳伞员的着地速度是 4 m/s.现在由于有水平向东的风的影响,跳伞员着地的速度变为 5 m/s.那么:

(1)跳伞员着地时速度的方向怎样?

(2)风速为多少?

四、小船渡河问题的分析

例 4 某船只在宽为 400 m、水流速度为 2 m/s 的河中横渡河面,已知它在静水中的速度为 4 m/s.求:

(1)该船要垂直横渡到达正对岸,船头应取什么航向?

(2)如果要在最短时间内过河,船头应取什么航向?最短时间为多少?

(3)若水流速度为 4 m/s,船在静水中的速度为 2 m/s,则船能过河的最短航程是多少?

解析:(1)船只要垂直横渡到正对岸,就必须使合速度的方向垂直于河岸,如图 2-4 甲所示, v_1 是船在静水中的速度, v_2 是水对岸的速度, v 是船的实际速度,由运动

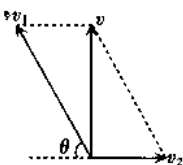


图 2-4 甲

的合成得:

$$v = \sqrt{v_1^2 - v_2^2} = \sqrt{4^2 - 2^2} \text{ m/s} = 2\sqrt{3} \text{ m/s}$$

$$\sin \theta = \frac{v}{v_1} = \frac{2\sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

所以船头偏向上游与河岸所成角度为: $\theta = 60^\circ$

(2)由合运动与分运动具有等时性及分运动的独立性知,在船速一定的情况下,船头应指向对岸行驶(因为此时渡河速度最大),这样渡河时间最短,则有:

$$t = \frac{d}{v_1} = \frac{400}{4} \text{ s} = 100 \text{ s (其中 } d \text{ 为河宽)}$$

(3)由于河水的流速

大于船速,故小船不可能

垂直于河岸过河.如图

2-4 乙所示,设船从 A 点

开始渡河,按题意作出速

度矢量三角形,若要航程

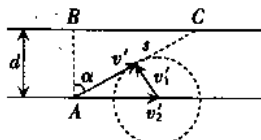


图 2-4 乙

最短,只需船的合速度 v' 的方向与 AB 间的夹角 α 最

小.由于 v_1' 的大小恒定,所以当 v' 与圆周相切,即 $v_1' \perp$

v' 时航程最短.则由相似三角形关系知最短航程为: $s =$

$$\frac{v_2'}{v_1'} \cdot d = \frac{4}{2} \times 400 \text{ m} = 800 \text{ m}.$$

点评:解答小船渡河问题的关键是要明确“船头的指向”与“船的实际路径”所表示的具体含义.另外,在处理问题时最好先画出矢量的合成与分解的图示,以便将问题直观形象地展现出来,便于分析研究.如在(3)问中要注意船的路程最短并不一定为 d (河宽),这与船在静水中的速度与水流速度的大小有关系,也不要误以为船头垂直于对岸划行时路程最短,要进行讨论.

变式训练

在漂流探险中,探险者驾驶摩托艇想上岸休息.假设江岸是平直的,江水沿江向下游流去,水流速度为 v_1 ,摩托艇在静水中的航速为 v_2 ,艇所在地点 A 离岸边最近处 O 的距离为 d .如果探险者想在最短时间内靠岸,则摩托艇登陆的地点离 O 点的距离为

A. $\frac{dv_2}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$ B. 0

C. $\frac{dv_1}{v_2}$ D. $\frac{dv_2}{v_1}$



育才老师与细心同学关于“时间就是生命”的对话

细心:老师,如果我是一名战士,我知道该如何驾驶摩托艇在最短时间内将人送上岸.



育才:那你来说说看你是怎么驾驶摩托艇上岸的.

细心:根据运动的独立性,水速对渡河时间不起作用,渡河时间的长短取决于船速在垂直河岸方向的分速度,所以要想在最短时间内将人送上岸,只需将船头方向垂直河岸即可.

育才:看来你还真掌握了运动的合成与分解!

粗心同学与细心同学关于“合运动与分运动”的对话

粗心:两个直线运动合成,合运动一定是直线运动吗?

细心:那不一定,要看具体情况.

粗心:例如,两个匀速直线运动合成,一个匀速直

线运动与一个匀变速直线运动合成,两个匀变速直线运动合成等.

细心:具体情况有很多种,但总的说来,合运动的性质是由两个分运动的性质决定的,即两直线运动的合运动的性质和轨迹由各分运动的性质及合初速度与合加速度的方向和大小关系决定.

粗心:明白了!比如两个匀变速直线运动合成仍为匀变速运动,当合初速度与合加速度的方向在一条直线上时,合运动为匀变速直线运动;当合初速度与合加速度的方向不在一条直线上时,合运动为匀变速曲线运动.

细心:对啊!你还真行!

课时3 平抛物体的运动



课前导航

飞机轰炸目标

据悉,在伊拉克战争中,美、英等联军主要利用飞机来轰炸、摧毁伊拉克的主要军事基地和设施.图3-1为代号“铁锤”的陆空联合清剿攻势中,美军用AC-130“炮艇”飞机在夜幕掩护下猛烈轰炸伊拉克首都巴格达的图片.



图3-1

请你思考:

如果你是此次行动中联军的一位飞行员,飞机沿水平直线匀速飞行,欲投弹轰炸某一地面目标,当你想看看投弹是否准确击中目标时,你应怎样观看方可看到炸弹爆炸的情况?



知识精析

1. 平抛运动的定义和条件

(1)平抛运动的定义:将物体用一定的初速度沿水平方向抛出,不考虑空气阻力,物体只在重力作用下的运动.

(2)平抛运动的条件:由平抛运动的定义可知,有水平初速度 v_0 和只受重力 G 的作用,是物体做平抛运动必须同时具备的两个条件.

2. 平抛运动的性质

做平抛运动的物体仅受重力的作用,由牛顿第二定律 $F=ma$ 可知,其加速度恒为 $a=g$;又因重力方向

与速度方向不在同一直线上,所以物体做曲线运动.

综合以上两点可知平抛运动应是匀变速曲线运动.

3. 平抛运动的处理方法和规律

(1)平抛运动的处理方法:处理平抛运动最基本的方法是采用运动的分解,平抛运动可分解为两个分运动:一个是水平方向的匀速直线运动,一个是竖直方向的自由落体运动,这样便将一个复杂的运动转换为两个简单的运动.

(2)平抛运动的规律:以抛出点为坐标原点,水平初速度 v_0 的方向为 x 轴正方向,竖直向下的方向为 y 轴正方向,建立如图3-2所示的坐标系.在该坐标系下,对任一时刻 t ,

①平抛运动的速度

水平分速度: $v_x = v_0$

竖直分速度: $v_y = gt$

任一时刻 t 的速度大小:

$$v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$$

速度方向:

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$$

其中 θ 为合速度 v 与 x 轴的夹角

②平抛运动的位移

水平分位移: $x = v_0 t$

$$\text{竖直分位移: } y = \frac{1}{2} gt^2$$

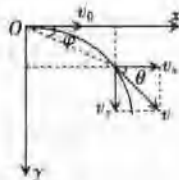


图3-2



任一时刻 t 的位移大小: $s = \sqrt{(v_0 t)^2 + (\frac{1}{2} g t^2)^2}$

位移方向: $\tan \varphi = \frac{y}{x} = \frac{g t}{2 v_0}$

其中 φ 为 t 时刻的位移与 x 轴的夹角。

③平抛运动的轨迹

做平抛运动的物体在任一时刻 t 的位置坐标所满足的方程叫轨迹方程。因此由位移公式消去时间 t 可得: $y = \frac{g}{2 v_0^2} x^2$, 其中 y 是 x 的二次函数。

实际上, 数学中二次函数的图象叫做抛物线, 就是来源于此。

4. 平抛运动的时间和射程问题

(1) 平抛运动的时间: 由平抛运动的分解可知, 其运动时间为 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 所以平抛运动的时间由其下落高度决定, 与初速度 v_0 无关。

(2) 平抛运动的射程(水平距离): 平抛运动的水平距离的大小为 $x = v_0 t = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 所以平抛运动的水平距离由其下落高度 h 与初速度 v_0 共同决定。

方法指导

一、平抛运动的分析

例 1 如图 3-3 所示, 在研究平抛运动时, 小球 A 沿轨道滑下, 离开轨道末端(末端水平)时撞开轻质接触式开关 S, 被电磁铁吸住的小球 B 同时自由下落。改变整个装置的高度 H 做同样的实验, 发现位于同一高度的 A、B 两球总是同时落地。该实验现象说明了 A 球在离开轨道后 ()

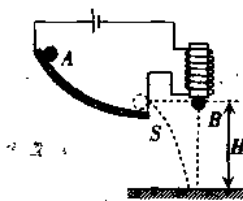


图 3-3

- A. 水平方向的分运动是匀速直线运动
- B. 水平方向的分运动是匀加速直线运动
- C. 竖直方向的分运动是自由落体运动
- D. 竖直方向的分运动是匀速直线运动

解析: A 球做平抛运动的同时 B 球自由下落, 且两球在同一高度上, 结果发现两球总是同时落地, 这能说明 A 球抛出后在竖直方向上的分运动是自由落体运动, 故选项 C 正确。

点评: 本题通过小实验考查了对平抛运动的分析。

分析的关键是能读懂题意, 明确现象所体现的规律。注意 A 球在水平方向的分运动是匀速直线运动, 但不能从本实验中推出, 解题时一定要注意审题。

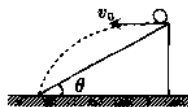
变式训练 从同一高度以不同的速度同时水平抛出两个质量不同的石子, 不计空气阻力, 下列说法中正确的是 ()

- A. 速度大的先着地
- B. 质量大的先着地
- C. 两个石子同时着地
- D. 题中未给出具体数据, 因而无法判断

二、分解位移求解平抛运动

例 2 在倾角为 θ 的斜面

上, 从顶端水平抛出一个球, 小球刚好落在斜面的底端, 如图



3-4 所示。如果斜面长度为 L ,

求小球抛出时的速度 v_0 的大小。

图 3-4

解析: 平抛运动可以分解为水平方向做匀速直线运动, 速度等于平抛物体的初速度; 在竖直方向上物体做自由落体运动。设小球飞行时间为 t , 则水平方向做匀速直线运动有: $L \cos \theta = v_0 t$

竖直方向做自由落体运动有: $L \sin \theta = \frac{1}{2} g t^2$

由上两式可解得: $v_0 = \sqrt{\frac{gL}{2 \sin \theta}} \cos \theta$ 。

点评: 本题可把小球的运动分解为水平和竖直方向上的两个分运动。由于题中已知的是位移的大小, 所以应用位移公式求解十分简便。另外, 还可以应用已知斜面的边角关系进行求解。

变式训练 在一次摩托车跨越壕沟的表演中, 摩托车从壕沟的一侧以速度 $v = 40 \text{ m/s}$ 沿水平方向飞向另一侧, 壕沟两侧的高度及宽度如图 3-5 所示。摩托车前后轴距 1.6 m, 不计空气阻力。问: 摩托车是否能越过壕沟? 请计算说明。

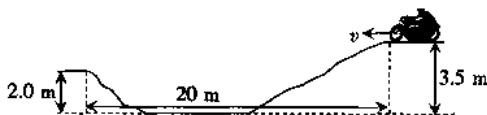


图 3-5 研究摩托车的运动

三、分解速度求解平抛运动

例 3 某一物体以一定的初速度水平抛出, 在某 1 s 内其速度方向由与水平方向成 37° 变成 53° , 则此物体的初速度大小是 _____ m/s , 此物体在这 1 s 内下

落的高度是_____m. (g 取 10 m/s^2)

解析:作出速度矢量图如图 3-6 所示,其中 v_1 、 v_2 分别是 $t \text{ s}$ 及 $(t+1) \text{ s}$ 时刻的瞬时速度,在这两个时刻,物体在竖直方向的速度大小分别为 gt 及 $g(t+1)$,由速度矢量图可得:

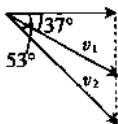


图 3-6

$$gt = v_0 \tan 37^\circ \text{ 和 } g(t+1) = v_0 \tan 53^\circ$$

$$\text{由以上两式解得: } v_0 = 17.1 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{9}{7} \text{ s} = 1.29 \text{ s}$$

所以物体在这 1 s 内下落的高度为:

$$\Delta y = \frac{1}{2}g(t+1)^2 - \frac{1}{2}gt^2 = 17.9 \text{ m}$$

点评:本题主要考查了对平抛物体速度的分解和运用,在平抛运动中若已知某位置的速度大小和方向,一般可分解其速度进行求解.

变式训练 如图 3-7 所示,以 9.8 m/s 的初速度水平抛出的物体,飞行一段时间后,垂直地撞在倾角 θ 为 30° 的斜面上,则物体完成这段飞行的时间是 ()

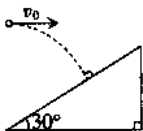


图 3-7

A. $\frac{\sqrt{3}}{3} \text{ s}$

B. $\frac{2\sqrt{3}}{3} \text{ s}$

C. $\sqrt{3} \text{ s}$

D. 2 s

四、多个物体的平抛运动的分析

例 4 在平直轨道上以 0.5 m/s^2 的加速度匀加速行驶的火车上,相继落下两个物体,下落的高度都是 2.45 m ,时间间隔为 1 s ,两物体落地点的间隔是 2.6 m ,则当第一个物体刚下落时火车的速度是多大? (g 取 10 m/s^2)

解析:如图 3-8 所示,设第一个物体下落时以 v_0 的速度做平抛运动,水平位移为 s_0 . 火车加速到下落第二个物体时,已行驶了距离 s_1 ,第二个物体以 v_1 的速度做平抛运动,其水平位移为 s_2 ,两物体落地点的间隔是 2.6 m ,则

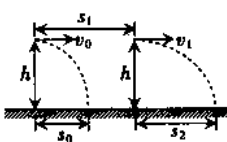


图 3-8

$$\text{由图中位置关系得: } 2.6 = s_1 + s_2 - s_0$$

$$\text{物体平抛运动的时间为: } t' = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.7 \text{ s}$$

图中各段位移大小为

$$s_0 = v_0 t' = 0.7 v_0$$

$$s_1 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = v_0 + 0.25 \text{ s}$$

$$s_2 = (v_0 + a t) \cdot t' = (v_0 + 0.5) \times 0.7$$

$$\text{由以上各式可得 } v_0 = 2 \text{ m/s}$$

点评:解本题时,作出各物体运动情况的草图对帮助分析题意十分重要.先后做平抛运动的物体因下落

高度相同,所以运动的时间相同;因车在加速,故两物体平抛的初速度不同.注意下落的时间不同于火车加速运动的时间,不要混淆.

变式训练 一架飞机水平匀速飞行,从飞机上每隔 1 s 释放一个铁球,先后共释放了 4 个,若不计空气阻力,则这 4 个球 ()

- A. 在空中任何时刻总是排列成抛物线,它们的落地点是等间距的
- B. 在空中任何时刻总是排列成抛物线,它们的落地点是不等间距的
- C. 在空中任何时刻总是在飞机的正下方排列成竖直线,它们的落地点是等间距的
- D. 在空中任何时刻总是在飞机的正下方排列成竖直线,它们的落地点是不等间距的



互动平台

育才老师与细心同学关于“飞机轰炸目标”的对话

细心:老师,我知道了要怎样观看方可看到炸弹爆炸的情况.

育才:你说说应怎样观看.

细心:若空气阻力可忽略,炸弹离开飞机后做平抛运动,又因飞机做水平匀速直线飞行,所以炸弹在落地之前一直在飞机的正下方.所以我应竖直向下观看,就可看到炸弹爆炸情况了.

育才:对!炸弹就在飞机的正下方击中目标并爆炸的.

粗心同学与细心同学关于“原子弹爆炸的威力”的对话

粗心:我曾经看到过这样一段资料,1945 年 7 月的一个星期一早上,世界上第一枚原子弹在美国新墨西哥州的沙漠里爆炸,爆炸冲击波传到基地时,费米把预先准备好的碎纸片举上头顶撒下,碎纸片飘落到他身后 2 m 处,经过一番心算,费米宣称那枚原子弹的威力相当于 1 万吨 TNT 炸药.

细心:我也看到过.咱们现在来算算其威力有多大.

粗心:怎么估算啊?

细心:假设碎纸片撒下的高度为 1.8 m ,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,就能估算出纸片的水平速度了!

粗心:碎纸片飘落时做平抛运动,根据 $h = \frac{1}{2} g t^2$ 和 $s = v_0 t$ 即可求得水平初速度 $v_0 \approx 3.33 \text{ m/s}$.

细心:瞧你,还真不错!



课时 4 阶段性巩固(课时 1~3)



知识精析

1. 运动合成与分解的原则与方法

(1) 运动合成与分解的原则: 运动的合成与分解是依据等效性原则进行的, 即合运动与分运动之间是等效替代的关系. 在实际问题中, 常依据运动的实际效果和研究问题的方便、需要进行运动的分解.

(2) 运动合成与分解的方法: 最基本的方法是平行四边形定则. 但在实际问题中常按两个互相垂直的方向进行分解, 即正交分解.

2. 处理平抛运动的方法

平抛运动最基本的处理方法是将它看做由匀速直线运动和自由落体合成的运动, 因此它是两个直线运动合成后为曲线运动的典型例题. 在分析平抛问题时常按实际需要, 既可分解速度, 也可分解位移, 有时甚至可不按水平和竖直方向分解.

3. 平抛运动的几个有用结论

结论一: 平抛运动的末速度的反向延长线交平抛运动水平位移的中点.

证明: 设平抛运动的初速度为 v_0 , 经时间 t 后的水平位移为 x , 如图 4-1 所示, D 为末速度反向延长线与水平分位移的交点. 根据平抛运动规律有

$$\text{水平位移: } x = v_0 t$$

$$\text{竖直方向: } v_y = gt, y = \frac{1}{2}gt^2$$

由图 4-1 可知, $\triangle ABC$ 与 $\triangle ADE$ 相似, 则有:

$$\frac{v_0}{v_y} = \frac{DE}{y}$$

$$\text{联立以上各式可得: } DE = \frac{x}{2}$$

该式表明平抛运动的末速度的反向延长线交平抛运动水平位移的中点.

结论二: 平抛运动的物体经时间 t 后, 其速度 v_t 与水平方向的夹角为 α , 位移 s 与水平方向的夹角为 β , 则有 $\tan \alpha = 2 \tan \beta$.

证明: 设平抛运动的初速度为 v_0 , 经时间 t 后到达 A 点的水平位移为 x , 速度为 v_t , 如图 4-2 所示, 根据

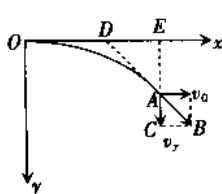


图 4-1

平抛运动的规律和几何关系:

在速度三角形中有:

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$$

在位移三角形中有: $\tan \beta =$

$$\frac{y}{x} = \frac{gt^2}{2v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$$

由上面两式可得: $\tan \alpha = 2 \tan \beta$.

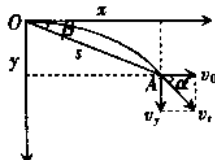


图 4-2



方法指导

一、“轻绳”连接体的速度分解

例 1 如图 4-3 所示, 水平地面上有一物体,

人通过定滑轮用绳子拉它, 在图示位置时, 若人的速度为 5 m/s, 则物体的瞬时速度为多大? (假设绳子不可伸长)

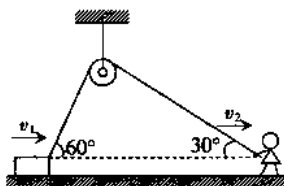


图 4-3

解析: 因绳子不可伸长, 所以物体和人在沿绳子方向上的速度应相等, 则有:

$$v_1 \cos 60^\circ = v_2 \cos 30^\circ$$

由此可解得:

$$v_1 = \sqrt{3} v_2 = 5\sqrt{3} \text{ m/s}$$

点评: 这是轻绳在运动中的一个重要特征, 其原因 是由于绳的长度不变, 沿轻绳方向的分速度必相等, 否则绳的长度要改变. 所以轻绳两端所系物体在任一时刻, 沿绳方向的速度分量大小相等, 方向相同.

例 2 如图 4-4

所示, 均匀直杆上连着两个小球 A、B, 不计一切摩擦. 当杆滑到如图所示的位置时, B 球的水平速度为 v_B , 杆与竖直方向的夹角为 α , 求此时 A 球的速度大小.

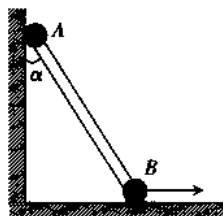


图 4-4



二、平抛运动的灵活分解

例2 如图4-5所示,在倾角为 θ 的斜面上以速度 v_0 水平抛出一小球,设斜面足够长,则从小球抛出时开始计时,经过多长时间小球离开斜面的距离达到最大,最大距离为多少?

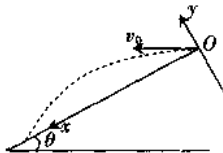


图4-5

解析:取沿斜面向下为 x 轴的正方向,垂直斜面向上为 y 轴的正方向,如图所示。在 y 轴上,小球做初速度为 $v_0 \sin \theta$ 、加速度为 $-g \cos \theta$ 的匀变速直线运动,则有:

$$v_y^2 - (v_0 \sin \theta)^2 = -2gy \cos \theta \quad (1)$$

$$y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g \cos \theta \cdot t^2 \quad (2)$$

当 $v_y = 0$ 时,小球在 y 轴上运动到最高点,即小球离开斜面的距离达到最大。

由①式可得小球离开斜面的最大距离:

$$H = y = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g \cos \theta}$$

当 $y = 0$ 时,小球在 y 轴上又运动到抛出点,它所用的时间就是小球从抛出运动到距斜面有最大距离时的时间。由②式可得小球运动的时间为: $t = \frac{2v_0 \sin \theta}{g \cos \theta}$ 。

点评:将平抛运动灵活地分解为沿斜面向下和垂直于斜面向上的两个分运动,虽然分运动比较复杂一些,但易将物体离斜面距离达到最大时的物理本质凸现出来,所以有时另辟蹊径可以收到意想不到的效果。

三、平抛运动中几个结论的应用

例3 如图4-6甲所示,倾角为 θ 的直角三角形木块固定在地面上,有一质点以初速度 v_0 从三角形木块的顶点上水平抛出,试求质点距斜面的最远距离。

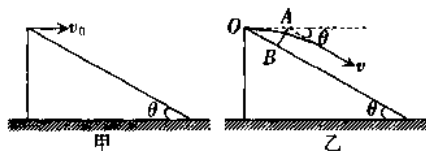


图4-6

解析:当质点做平抛运动的末速度方向平行于斜面时,质点距斜面的距离最远,此时末速度的方向与初速度方向成 θ 角,如图乙所示。图中A为末速度的反向延长线与水平位移的交点,AB即为所求的最远距离。

根据平抛运动的规律有:

$$v_y = gt, x = v_0 t \text{ 和 } \frac{v_y}{v_0} = \tan \theta$$

$$\text{由结论一可知: } \overline{OA} = \frac{x}{2}$$

$$\text{根据图乙中的几何关系得: } \overline{AB} = \overline{AO} \sin \theta$$

$$\text{由以上各式解得: } \overline{AB} = \frac{v_0^2 \tan \theta \sin \theta}{2g}$$

$$\text{即质点距斜面的最远距离为 } \frac{v_0^2 \tan \theta \sin \theta}{2g}.$$

点评:平抛运动是较为复杂的匀变速曲线运动,有关平抛运动的命题也层出不穷,若能切实掌握并应用这些有用的结论,就不难解决平抛问题了。因此在学习时应注意对平抛运动规律的总结,从而提高自己解题的能力。

变式训练 如图4-7所示,从倾角为 θ 的足够长的斜面上的A点,先后将同一小球以不同的初速度水平向右抛出。第一次初速度为 v_1 ,球落到斜面上前一瞬间的速度方向与斜面的夹角为 α_1 ;第二次初速度为 v_2 ,球落在斜面上前一瞬间的速度方向与斜面间的夹角为 α_2 ,若 $v_2 > v_1$,试比较 α_1 和 α_2 的大小。

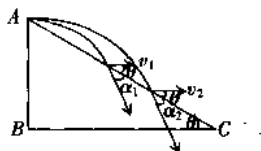


图4-7

四、平抛运动的临界问题

例4 如图4-8甲所示,排球场总长为18 m,设球网高度为2 m,运动员站在离网3 m的线上(图中虚线所示)正对网前跳起沿平行于边线方向将球水平击出(球在飞行过程中所受空气阻力不计, g 取 10 m/s^2)。

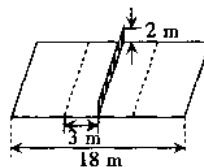


图4-8甲

(1)设击球点在3 m线的正上方高度为2.5 m,试问击球的速度在什么范围内才能使球既不触网也不越界。

(2)若击球点在3 m线正上方的高度小于某个值,

那么无论水平击球的速度多大,球不是触网就是越界,试求这个高度。

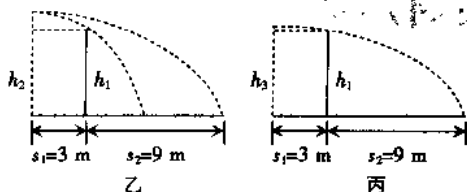


图 4-8

解析:(1)如图 4-8 乙所示,排球擦网而过时,设运动员击球的速度为 v_1 ,则由平抛运动规律可得:

$$h_2 - h_1 = \frac{1}{2} g t_1^2, s_1 = v_1 t_1$$

代入数据可解得: $v_1 = 3\sqrt{10}$ m/s

排球恰好落到底线时,设运动员击球的速度为 v_2 ,则:

$$h_2 = \frac{1}{2} g t_2^2, s_1 + s_2 = v_2 t_2$$

代入数据可解得: $v_2 = 12\sqrt{2}$ m/s

所以欲使排球既不触网也不越界,排球的速度范围是:

$$3\sqrt{10} \text{ m/s} < v \leq 12\sqrt{2} \text{ m/s}$$

(2)如图 4-8 丙所示,当排球刚好触网又压底线时,设运动员击球点的高度为 h_3 ,击球时的速度为 v_0 ,

则球恰好触网时, $h_3 - h_1 = \frac{1}{2} g t_1^2$ 且 $s_1 = v_0 t_1$

球恰好压底线时, $h_3 = \frac{1}{2} g t_2^2$ 且 $s_1 + s_2 = v_0 t_2$

联立以上各式消去 v_0 并代入数据可解得:

$$h_3 = \frac{32}{15} \text{ m} = 2.13 \text{ m}$$

即击球高度小于 2.13 m 时,无论水平击球的速度多大,球不是触网就是越界。

点评:该题(1)中水平击球高度一定时,击球的速度受网高和底线的制约;(2)中击球速度不限时,水平击球的高度受网高和底线的制约。正确分析这两个制约条件是求解的关键。

变式训练 一阶梯如图 4-9

所示,其中每级台阶的高度和宽度都是 0.4 m,一小球以水平速度 v_0 飞出,欲打在第四级台阶上,则 v_0 的取值范围是 ()

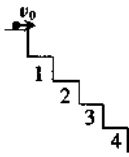


图 4-9

A. $\sqrt{6} \text{ m/s} < v_0 \leq 2\sqrt{2} \text{ m/s}$

B. $2\sqrt{2} \text{ m/s} < v_0 \leq 3.5 \text{ m/s}$

C. $\sqrt{2} \text{ m/s} < v_0 \leq \sqrt{6} \text{ m/s}$

D. $\sqrt{2} \text{ m/s} < v_0 < \sqrt{6} \text{ m/s}$

五、平抛运动的相遇问题

例 5 如图 4-10 所示,水平地面上有 P、Q 两点,A 点和 B 点分别在 P 点和 Q 点的正上方,距离地面的高度分别为 h_1 和 h_2 。某时刻在 A 点以速度 v_1 水平抛出一个小球,经时间 t 后又在 B 点以速度 v_2 水平抛出另一个球,结果两球同时到达在 P、Q 连线上的 O 点,则有

图 4-10

A. $PO : OQ = v_1 h_1 : v_2 h_2$

B. $PO : OQ = v_1 h_1^2 : v_2 h_2^2$

C. $PO : OQ = v_1 \sqrt{h_1} : v_2 \sqrt{h_2}$

D. $PO : OQ = h_1 : h_2$

解析:此题不具有一般相遇问题的基本关系(即运动的时间或位移相等),但符合了相遇的基本条件(即同时到达同一点),所以应抓住两小球运动的独立性求解。根据两者均做平抛运动的特点可得:

对小球 1 有: $PO = v_1 \cdot t_1 = v_1 \cdot \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$

对小球 2 有: $OQ = v_2 \cdot t_2 = v_2 \cdot \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$

所以可解得: $PO : OQ = v_1 \sqrt{h_1} : v_2 \sqrt{h_2}$

即选项 C 正确。

点评:这类问题常涉及两个物体的运动,但其本质还是相遇问题。处理问题的关键是抓住运动的独立性,在正确的时空观下寻找各物理量间的关系。

课时 5 匀速圆周运动



课前导航

在皮带传动装置里,发动机和工作机的轴上各装有一个皮带轮,轮上紧套着一圈(或并列的几圈)皮带(如图 5-1 所示).发动机轴上的皮带轮 A 叫做主动轮,工作机轴上的皮带轮 B 叫做从动轮.主动轮转动时,依靠摩擦作用使皮带运动,皮带的运动又带动从动轮转动.一般在转动时,不允许皮带打滑.

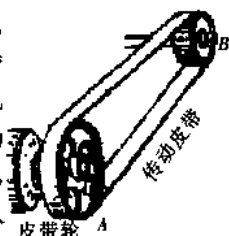


图 5-1

请你思考:

在图 5-2 所示的皮带传动装置中,如果皮带轮 B 是主动轮,你能否确定从动轮 A 的转动方向?这两个轮边缘上的各点的线速度是否相等?

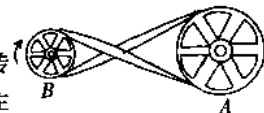


图 5-2



知识精析

1. 匀速圆周运动的定义及其理解

(1)定义:质点沿圆周运动,如果在任意相等的时间里通过的圆弧长度都相等,这种运动就叫匀速圆周运动.

(2)理解:匀速圆周运动的轨迹是圆,因此它是曲线运动.由于运动的速度方向时刻在变化,因而匀速圆周运动不是匀速运动,而是变速运动.“匀速”二字仅指在相等的时间里通过相等的弧长,即“匀速”强调的是单位时间内的“路程”,而匀速直线运动中的“匀速”强调的是单位时间内的“位移”,两者有着本质的区别.

2. 描述匀速圆周运动快慢的物理量

匀速圆周运动可以用前面描述运动的各物理量来描述,但这种运动有它自己的特点,所以要引入一些能反映它本身特点的物理量来加以描述.

(1)线速度 v

①定义:做匀速圆周运动的质点通过的弧长 s 与所用时间 t 的比值,即单位时间内通过的弧长.

②定义式(即量度式): $v = \frac{s}{t}$,单位: m/s

对确定的匀速圆周运动, v 的大小不变.上式为量

度式, v 与 s 、 t 间无比例关系.线速度的大小表示匀速圆周运动的快慢,“匀速圆周运动”的“匀速”二字仅指“匀速率”.

③物理意义:线速度就是物体做匀速圆周运动的瞬时速度,用来描述做匀速圆周运动质点的运动快慢和方向.

④方向:在圆周该点的切线方向上.匀速圆周运动是一种非匀速运动,因为线速度的方向在时刻改变,所以匀速圆周运动的线速度不是恒矢量.

(2)角速度 ω

①定义:连接运动物体和圆心的半径转过的角度 φ 跟所用时间 t 的比值,叫做匀速圆周运动的角速度.

②定义式(量度式): $\omega = \frac{\varphi}{t}$

单位:角速度的单位由角度和时间的单位决定.在 SI 制中,角速度的单位是弧度每秒,符号是 rad/s.

对确定的匀速圆周运动, φ 与所用时间 t 的比值是恒定不变的.因此匀速圆周运动是角速度不变的圆周运动.

③物理意义:描述质点转过圆心角的快慢.

(3)周期 T 、频率 f 和转速 n

①周期:做匀速圆周运动的物体运动一周所用的时间叫做周期.符号用 T 表示,单位是 s.周期也是描述匀速圆周运动快慢的物理量.周期长,运动慢;周期短,运动快.

②频率:单位时间内运动的周数,即周期的倒数 $f = \frac{1}{T}$,叫做频率.符号用 f 表示,单位是 Hz.频率也是描述匀速圆周运动快慢的物理量.频率低,运动慢;频率高,运动快.

③转速:做匀速圆周运动的物体单位时间内转过的圈数叫转速.用符号 n 表示,单位是 r/s、r/min.

(4)线速度、角速度、周期之间的关系

线速度、角速度、周期都是用来描述匀速圆周运动快慢的物理量,他们之间的关系为:

$$v = \omega r = 2\pi f r = 2\pi n r$$

由 $v = \omega r$ 知,当 v 一定时, ω 与 r 成反比;当 ω 一定时, v 与 r 成正比;当 r 一定时, v 与 ω 成正比.