



中国教育学会“十二·五”教育科研规划重点课题  
成都市哲学社会科学规划项目  
——龙头学校一校两区协调共济发展带动教育集团成员学校均衡发展的研究

重要成果

# 石室金匮

石室中学课程教学研究·高中复习精萃

丛书总编：田 间

本册主编：周昌鲜 李勇强 赵长彦

## 物 理 (必修2)

· 教师用书 ·



成都  
石室  
中学

蜀文

• 成都石室中学  
• 石室中学教育集团  
• 蜀文工作室

倾力打造



电子科技大学出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

石室金匱·石室中学课程教学研究. 物理必修 2/周昌鲜,李勇强主编. —成都:电子科技大学出版社,2012. 1

(龙头学校一校两区协调共济发展带动教育集团成员学校均衡发展的研究系列/田间主编)

ISBN 978-7-5647-1012-5

I. ①石… II. ①周… ②李… III. ①中学物理课—教学研究 IV. ①G633

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 268805 号

## 石室金匱·石室中学课程教学研究精萃·高中复习精萃

### 物理·必修 2

总 编:田 间 主编:周昌鲜 李勇强 赵长彦

---

出 版:电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编:610051)

策划编辑:张 鹏 杨雪锋

责任编辑:张 鹏 岳 慧

选题策划:四川蜀天文化发展有限公司

主 页:www.uestcp.com.cn

发 行:电子科技大学出版社发行

印 刷:成都科星印务有限公司

成品尺寸:210mm×285mm 印张:16.125 字数:400 千字

版 次:2012 年 1 月第一版

印 次:2012 年 1 月第一次印刷

书 号:ISBN 978-7-5647-1012-5

定 价:39.90 元

---

■版权所有 侵权必究■

◆本社发行部电话:028-66918858;本社邮购电话:028-83208003。

◆本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回出版社发行部调换。

◆防盗版举报电话:028-87468818 028-87466779

# 目 录

## 第一章 抛体运动

1 曲线运动	( 1 )
2 运动的合成与分解	( 6 )
3 平抛运动	( 11 )
4 斜抛运动(选学)	( 18 )
第一章 《抛体运动》单元小结	( 21 )
第一章 《抛体运动》单元检测(一)	( 25 )
第一章 《抛体运动》单元检测(二)	( 29 )

## 第二章 匀速圆周运动

1 圆周运动	( 34 )
2 匀速圆周运动的向心力和向心加速度	( 40 )
3 圆周运动的实例分析	( 47 )
4 圆周运动与人类文明(选学)	( 47 )
专题 圆周运动的临界问题	( 57 )
第二章 《匀速圆周运动》单元小结	( 64 )
第二章 《匀速圆周运动》单元检测(一)	( 67 )
第二章 《匀速圆周运动》单元检测(二)	( 73 )

## 第三章 万有引力定律

1 天体运动	( 79 )
2 万有引力定律	( 84 )
3 万有引力定律的应用	( 89 )
4 人造卫星 宇宙速度	( 94 )
第三章 《万有引力定律》单元小结	( 101 )
第三章 《万有引力定律》单元检测(一)	( 105 )
第三章 《万有引力定律》单元检测(二)	( 109 )

## 第四章 机械能和能源

1 功	( 114 )
专题一 功的计算	( 121 )
2 功率	( 128 )
3 势能	( 134 )
4 动能 动能定理	( 139 )
专题二 动能定理的应用	( 144 )
5 机械能守恒定律	( 152 )
专题三 机械能守恒定律的应用	( 158 )
6 能源的开发和利用	( 165 )
第四章 《机械能和能源》单元小结	( 170 )
第四章 《机械能和能源》单元检测(一)	( 177 )
第四章 《机械能和能源》单元检测(二)	( 183 )

## 第五章 经典力学的成就与局限性

1 经典力学的成就与局限性	( 190 )
2 了解相对论(选学)	( 192 )
3 初识量子论(选学)	( 192 )
第五章 《经典力学的成就与局限性》单元小结	( 196 )
第五章 《经典力学的成就与局限性》单元检测	( 198 )





# 第一章 抛体运动

## 本章概述

抛体运动是生活中非常常见的一种运动,例如喷泉、节日的烟花、投出的篮球等等,这一章我们将对这些生活中的模型进行理想化的研究.

本章是牛顿运动定律在曲线运动中的具体应用,我们将运用运动的合成与分解的相关知识研究抛体运动,通过学习本章的概念和规律,将加深对速度、加速度、位移及其关系的理解;加深对牛顿第二定律的理解,提高解题实际的能力.

## 1 曲线运动

### 学习目标

- 1.知道什么是曲线运动,了解曲线运动的特征.
- 2.知道质点做曲线运动时,某一点瞬时速度的方向在该点的切线上.
- 3.了解曲线运动是一种变速运动.
- 4.了解质点做曲线运动的条件.
- 5.会用牛顿第二定律对曲线运动的条件作出分析.

### 知识储备

- 1.直线运动的相关知识.
- 2.瞬时速度和极限思想.
- 3.力和运动的关系.
- 4.生活中有哪些运动是曲线运动.

### 自主学习

1. 物体运动轨迹是曲线的运动 叫曲线运动.
2. 曲线运动的性质
  - (1)质点在某一时刻(某一位置)的速度方向是沿 曲线在这一点切线的切线方向.曲线运动中运动的方向时刻 变化 (变化、不变).
  - (2)基于上一小问可知,曲线运动一定是 变速 运动,一定具有 加速度.
3. 曲线运动的条件
  - (1)运动速度方向与合力的方向共线时,运动轨迹是 直线.
  - (2)运动速度方向与合力的方向不共线,运动为 曲线 运动.
  - (3)运动速度方向与加速度的方向不共线,运动为 曲线 运动.

### 知能培养

#### 一、曲线运动的速度方向

质点在某一时刻(某一位置)的速度方向是沿曲线在这一点切线的切线方向.(物理中切线方向只有一个方向,和数学中有所不同)

速度是矢量,速度的变化,不仅是大小的变化,也包括速度方向的变化.曲线运动物体的速度大小不一定发生变化,但速度方向一定每时每刻都在发生变化,所以曲线运动是一种变速运动.

**【例题 1】** 关于曲线运动的速度,下列说法正确的是 ( )

- A. 速度的大小与方向都在时刻变化
- B. 速度的大小不断发生变化,速度的方向不一定发生变化
- C. 速度的方向不断发生变化,速度的大小不一定发生变化
- D. 质点在某一点的速度方向是沿曲线上该点的切线方向

**解析:** 物体做曲线运动时速度的方向沿曲线的切线方向,而曲线上不同点的切线方向是不同的,所以速度的方向是不断发生变化的;如果没有沿切线方向的力作用,速度的大小是不会发生变化的.

**答案:** CD

**【变式训练 1】** 月球在地球引力作用下绕地球转动而做曲线运动(设月球所受其他天体的合力为零).假如地球的引力突然消失,则此时关于月球的运动正确的是 ( )

- A. 月球立即落向地球
- B. 月球立即沿与地球的连线远离地球
- C. 月球逐渐远离圆轨道做曲线运动
- D. 月球立即沿轨道切线方向做匀速直线运动

**解析:** 由于月球在地球引力作用下做曲线运动,当该引力突然消失、月球不再受力的作用时,必然沿该时刻的速度方向做匀速直线运动,不可能做



曲线运动,由此可知 A、B、C 错误,D 正确.

答案:D

## 二、物体做曲线运动的条件

如果合外力的方向与速度方向不共线(或者表述为:合加速度与合速度方向不共线),物体做曲线运动.

曲线运动一定要受到指向曲线内侧的外力的作用,物体是否做匀变速运动(包括曲线运动和直线运动)取决于物体是否受到恒定外力作用.

**【例题 2】** 关于曲线运动的条件,下列说法正确的是

( )

- A. 物体受变力作用才能做曲线运动
- B. 物体受恒力作用也可能做曲线运动
- C. 物体不受力也能做曲线运动
- D. 物体只要受到外力就一定做曲线运动

**解析:** 物体做曲线运动的条件是合外力的方向与速度方向不在一条直线上,与外力是否变化无关.

答案:B

**【变式训练 2】** 一个物体在共点力  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  的作用下作匀速直线运动,若突然撤去  $F_1$  后,物体将

( )

- A. 可能做曲线运动
- B. 不可能做曲线运动
- C. 必然沿  $F_1$  的方向做直线运动
- D. 必然沿  $F_1$  的反方向做匀加速直线运动

**解析:** 因为不知道  $F_1$  和初速度的方向,因而无法判断物体做什么运动,如果两者共线,则做直线运动,如果两者不共线则做曲线运动.

答案:A

## 三、曲线运动中物体所受合外力、速度、轨迹之间的关系

由生活中曲线运动的实例合一总结出,物体的运动轨迹必在速度和合外力之间,也可表述为物体的运动轨迹必向合外力方向弯曲(即合外力指向曲线内侧).

**【例题 3】** 如图 1-1-1 所示,抛出的石子做抛体运动,试在图中画出石子沿这条曲线运动时在 A、B、C、D 各点的速度方向和所受力的示意图.(不计空气阻力)

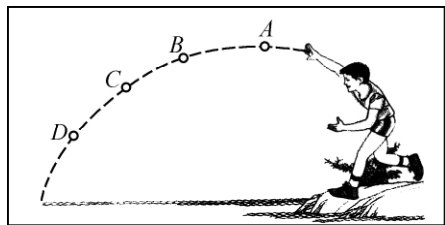


图 1-1-1

**解析:** 图中虚线即是该抛体运动的轨迹,由于做曲线运动的物体速度沿曲线的切线方向,则可作出各点的速度方向,而各点所受重力始终是竖直向下的,则可作出各点所受重力方向如图所示.

答案:如图 1-1-2

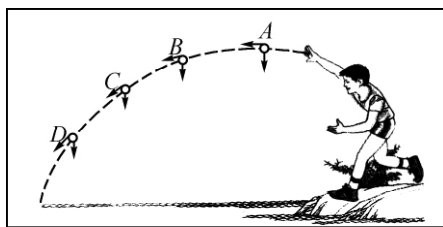


图 1-1-2

**【变式训练 3】** 已知物体运动的初速度  $v$  的方向及受恒力的方向如图 1-1-3 所示,则图中可能正确的运动轨迹是

( )

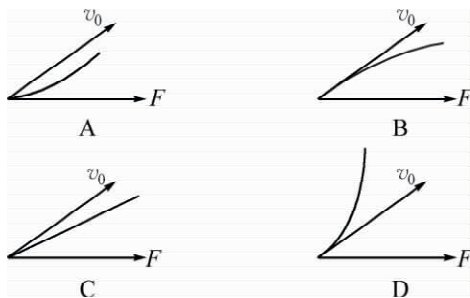


图 1-1-3

**解析:** 合力指向曲线运动的内侧.

答案:B

## 演练反馈

A 组

1. 做曲线运动的物体在运动过程中,下列说法正确的是

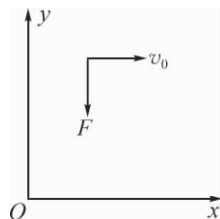
( C )

- A. 速度大小一定改变
- B. 加速度大小一定改变
- C. 速度方向一定改变
- D. 加速度方向一定改变

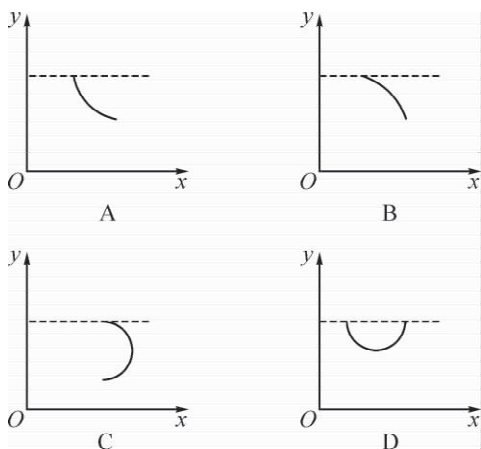
**解析:** 做曲线运动的物体的速度方向时刻在改变,但速度大小不一定变化,A 错、C 对. 曲线运动的加速度可能恒定不变. 即大小、方向均不变,也可能是变化的,即加速度的大小、方向都有可能变化,B 错、D 错.

2. 如图练 1-1-1 所示为质点的初速度方向与恒定合外力方向,请你判断该质点的运动轨迹是图练 1-1-2 中的

( B )



图练 1-1-1



图练 1-1-2

解析:本题考查了做曲线运动的物体运动轨迹与受力方向的大致关系及曲线运动速度的方向,即合外力指向曲线的弯曲方向,某点的速度方向与曲线上该点的切线方向一致,B正确.

- 3.“神舟”七号飞船正载着我国三名航天员在太空遨游,飞船的速度大小不变,运动轨迹近似是以地心为圆心的圆,以下说法正确的是 (BD)

- A. 飞船做匀速运动  
B. 飞船做变速运动  
C. 飞船不受力的作用  
D. 飞船的加速度不为零

解析:飞船的运动轨迹是圆,即飞船做曲线运动,在性质上是变速运动,A错,B对.由物体做曲线运动的条件知道,飞船肯定受外力作用,且合力不为零,飞船的加速度一定不为零,C错,D对.

- 4.物体做曲线运动时,其加速度 (AB)

- A. 一定不等于零      B. 可能不变  
C. 一定改变          D. 一定不变

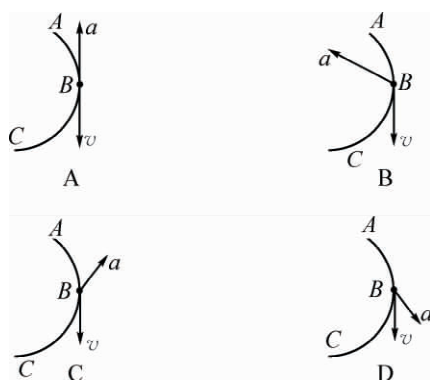
解析:物体做曲线运动的条件是其合力方向与速度方向不在一条直线上,故合力肯定不为零,其加速度必定不为零,A对.合力可能是恒力,也可能是变力,B对,C、D错.

- 5.一个向南运动的物体,受到一个持续不断的向东的恒力,物体将 (D)

- A. 向东南做匀速直线运动  
B. 向南偏东做变速直线运动  
C. 向正东方向做匀加速运动  
D. 向南偏东做匀变速曲线运动

解析:物体受到的恒力与初速度方向垂直.所以物体做曲线运动,A、B、C错.恒力产生恒定的加速度,故物体向南偏东做匀变速曲线运动,D对.

- 6.质点做曲线运动,它的轨迹如图练 1-1-3 所示,由 A 向 C 运动,关于它通过 B 点时的速度  $v$  的方向和加速度  $a$  的方向正确的是 (B)



图练 1-1-3

解析:加速度(合力)指向曲线内侧.

## B 组

- 7.如图练 1-1-4 所示,一物体在 O 点以初速度  $v$  开始做曲线运动,已知物体只受到沿  $x$  轴方向的恒力作用,则物体速度大小 (A)

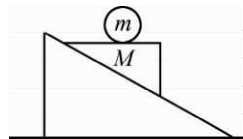


图练 1-1-4

- A. 先减小后增大      B. 先增大后减小  
C. 不断增大          D. 不断减小

解析:开始时物体所受合力方向与速度方向的夹角大于  $90^\circ$ ,物体速度减小,经过一段时间后,物体的速度方向与其合力方向的夹角小于  $90^\circ$ ,物体又做加速运动,故 A 项正确.

- 8.劈形物体 M,各个表面光滑,上表面水平,将其置于固定的斜面上,在 M 上表面再放置一小球  $m$ ,如图练 1-1-5 所示.物体 M 从静止开始释放,试判断小球在碰到斜面前的轨迹 (B)

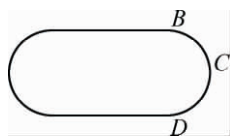


图练 1-1-5

- A. 沿斜面向下的直线  
B. 竖直向下的直线  
C. 无规则直线  
D. 抛物线

解析:小球在物体 M 上受重力和支持力,此二力均在竖直方向上,物体在水平方向上不受外力,因此在水平方向上运动状态不发生变化,所以小球做竖直向下的直线运动,故 B 正确.

- 9.电动自行车绕图练 1-1-6 所示的 400 m 标准跑道运动,车上的车速表指针一直指在 36 km/h 处不动.则下列说法中正确的是 (B)

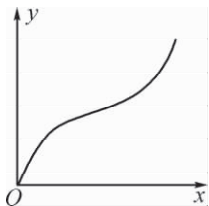


图练 1-1-6

- A. 电动车的速度一直保持不变
- B. 电动车沿弯道 BCD 运动过程中,车一直具有加速度
- C. 电动车绕跑道一周需 40 s,此 40 s 内电动车的平均速度等于 10 m/s
- D. 跑完一圈过程中,由于电动车的速度没有发生改变,故电动车所受合力为零

解析:电动车做曲线运动,速度是变化的,A 错.电动车经 BCD 的运动为曲线运动,合力不等于零,车的加速度不为零,B 对,D 错.电动车跑完一周的位移为零,其平均速度为零,C 错.

- 10.一质点在  $xOy$  平面内运动的轨迹如图练 1-1-7 所示,下面判断正确的是 (BD)

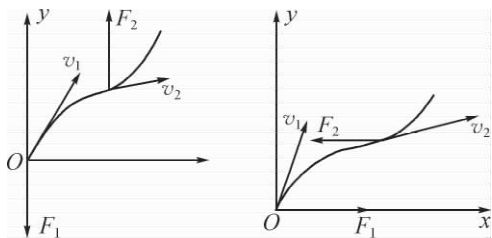


图练 1-1-7

- A. 若  $x$  方向始终匀速,则  $y$  方向先加速后减速
- B. 若  $x$  方向始终匀速,则  $y$  方向先减速后加速
- C. 若  $y$  方向始终匀速,则  $x$  方向先减速后加速
- D. 若  $y$  方向始终匀速,则  $x$  方向先加速后减速

解析:从轨迹图可知,若  $x$  方向始终匀速,开始所受合力沿  $-y$ ,后来沿  $+y$  方向,如图练 1-1-8 左图所示,可以看出应是先减速后加速,故 A 错,B 正确.

若  $y$  方向匀速,则受力先沿  $+x$  方向,后沿  $-x$  方向,如图练 1-1-8 右图所示,故先加速后减速,所以 C 错,D 正确.



图练 1-1-8

- 11.关于曲线运动的性质,以下说法正确的是 (A)

- A. 曲线运动一定是变速运动
- B. 变速运动一定是曲线运动
- C. 曲线运动一定是变加速运动

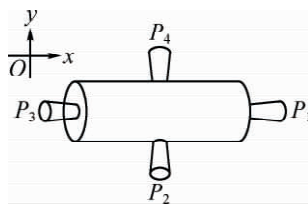
- D. 变加速运动一定是曲线运动

解析:曲线运动中物体的速度方向时刻在改变,故曲线运动一定是变速运动,A 对.变速运动中的匀变速直线运动不是曲线运动,B 错.当物体的合力恒定,且合力方向与其速度方向不共线时,物体做匀变速曲线运动,C 错.变加速运动是指加速度变化的运动,它可能是直线运动,也可能是曲线运动,D 错.

- 12.如图练 1-1-9 所示,为一空间探测器的示意图, $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_4$  是四个喷气发动机, $P_1$ 、 $P_3$  的连线与空间一固定坐标系的  $x$  轴平行, $P_2$ 、 $P_4$  的连线与  $y$  轴平行,每台发动机开动时,都能向探测器提供推力,但不会使探测器转动.开始时,探测器以恒定的速率  $v_0$  向正  $x$  方向平移.

(1)单独分别开动  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_4$ ,探测器将分别做什么运动?

(2)单独开动  $P_2$  和  $P_4$ ,探测器的运动有什么不同.



图练 1-1-9

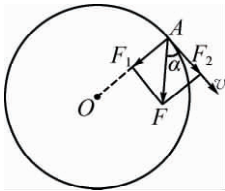
解析:(1)单独开动  $P_1$  时,力沿  $-x$  方向,故探测器做匀减速直线运动;单独开动  $P_3$  时,探测器做匀加速直线运动;单独开动  $P_2$  或  $P_4$  时,探测器做匀变速曲线运动.

(2)单独开动  $P_2$  时,探测器在坐标系中第 I 象限内做曲线运动,轨迹向上弯曲;单独开动  $P_4$  时,探测器在坐标系第 IV 象限内做曲线运动,运动轨迹向下弯曲.

答案:见解析.

C 组

- 13.如图练 1-1-10 所示,物体做圆周运动,在 A 点物体所受的合外力  $F$  既不与速度的方向垂直也不与速度的方向在一条直线上,此时我们可以将  $F$  进行正交分解,使一个分力  $F_1$  与速度  $v$  的方向垂直,另一个分力  $F_2$  与速度方向平行,其中分力  $F_1$  只改变速度的 方向,分力  $F_2$  只改变速度的 大小. $F$  与  $v$  的夹角为  $\alpha$ ,当  $\alpha=0^\circ$  时, $F_1=0$ ,物体做 加速直线 运动, $\alpha=90^\circ$  时, $F_2=0$ ,物体的速率 不变. $\alpha$  为锐角时,物体运动的速率 增加.



图练 1-1-10

解析：曲线运动中，物体的合外力可以分解为垂直物体速度的法向分力和与速度共线的切向分力，法向分力只改变速度的方向，切向分力只改变速度的大小，切向分力与速度同向，物体做加速运动，反向则物体做减速运动。

14. 一些极速运动比赛项目中，如摩托车比赛、冰上速滑比赛（如图练 1-1-11 所示），运动员在转弯时，身体都要倾斜，注意观察一下运动员身体向哪侧倾斜？他们为何这样做？



图练 1-1-11

运动员的身体向弯道内侧（弯道弯曲的方向）倾斜，这是由于运动员在水平面内做曲线运动，运动员必定受到指向弯道内侧的外力。当运动员用力向弯道外侧蹬脚，地面就给运动员一个指向弯道内侧的反作用力，在这个力的作用下，运动员就做曲线运动（轨迹向运动员所受合力方向弯曲）。摩托车也是一样的道理

答案：见解析



教学后记

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---







## 2 运动的合成与分解



### 学习目标

1. 在具体情景中,知道合运动、分运动分别是什么,知道其同时性和独立性.
2. 知道运动的合成与分解,理解运动的合成与分解遵循平行四边形法则.
3. 会用作图和计算的方法,求解位移和速度的合成与分解问题.



### 知识储备

1. 矢量:既有大小、又有方向的物理量叫矢量.
2. 平行四边形法则:求两个互成角度的共点力的合成,可以用表示这两个力的线段为邻边做平行四边形,这两个邻边之间的对角线就表示合力的大小和方向.
3. 矢量运算方法:遵循平行四边形定则.
4. 小船在静水和流水中划行等生活经验.



### 自主学习

1. 运动的合成: 已知分运动求和运动.即已知分运动的位移、速度、和加速度等求合运动的位移、速度、和加速度等,遵从 平行四边形法则.
2. 运动的分解: 已知合运动求分运动.它是运动合成的逆运算.
3. 合运动与分运动的关系
  - (1) 等时性:各分运动经历的时间与合运动经历的时间 相同.
  - (2) 独立性:一个物体同时参与的几个分运动,各分运动独立进行,不受 其他运动 的影响.
  - (3) 等效性:各分运动的叠加与合运动有完全相同的效果.
  - (4) 同一性:各分运动和合运动是 同一 物体参与的分运动和实际发生的运动.
4. 处理曲线运动的常用方法是把曲线运动分解成两个方向上的 直线 运动.
5. 运动合成与分解运算法则: 平行四边形法则.
6. 小船渡河
  - (1) 几点说明:
 

船头指向是船相对于 水 的运动方向,合速度的方向是指船相对于 岸 的运动方向(也就是我们在生活中实际看到的船运动的方向),渡河速度是指船速在 垂直河岸 方向的分速度,与 水流 的速度没有关系,当船头 垂直河岸 时,渡河速度最大,等于船在静水中的速度(也就是船相对于水的速度).
  - (2) 处理方法:
 

小船过河时实际上参与了两个运动 沿河岸的运动

和 垂直河岸的运动,船的实际运动是合运动.

(3) 对小船渡河的讨论:

船在静水中的速度为  $v_1$ ,流水的速度为  $v_2$ ,河宽为  $d$ .

① 为使渡河时间最短,应向什么方向划船? 此时渡河所经历的时间和所通过的路程各为多大?

② 为使渡河通过的路程最短,应向什么方向划船? 此时渡河所经历的时间和所通过的路程各为多大?

解析:船过河时,船的实际运动(即相对于河岸的运动)可以看成是随水以速度  $v_1$  漂流的运动和以  $v_2$  相对于静水的划行运动的合运动.

(1) 船横渡过河时间最短

船头垂直河岸,过河时间最短.如图 1-2-1 所示,船的实际速度即合速度:

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

$$\text{合位移: } x = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$$

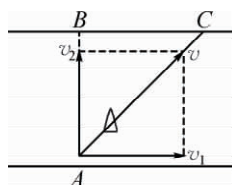


图 1-2-1

此时小船不能到达正对岸的 B 点,而是运动到 B 下游的 C 点.由于划行速度  $v_2$  是个定值,只要船相对静水的这个分运动的位移  $x_2$  最短即为河宽  $d$ ,船过河时间即为最短.最短时间:

$$t_{\min} = d/v_2$$

但此时实际位移  $x$  不是最短,  $x > d$ .

(2) 船头偏向上游适当的角度时,船通过的实际位移最短.

当小船划行速度为  $v_2 > v_1$  时,若要使小船到达正对岸,即以最小位移渡河,应使合运动的速度方向垂直河岸,如图 1-2-2 所示,合运动速度  $v$  垂直河岸,但合速度  $v = v_2 \sin \theta < v_2$ ,所以此时合位移最小为河宽  $d$ ,但过河时间  $t$  不是最短,为

$$t = d/v = \frac{d}{v_2 \sin \theta} > t_{\min}$$

并且要求角度  $\theta$  合适,由图 1-2-2 可知

$$\sin \theta = v/v_2$$

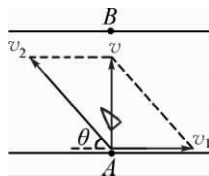


图 1-2-2

当小船划行速度为  $v_2 < v_1$  时,无论小船的航向如何,合速度不可能垂直于河岸,无法垂直渡河.如图 1-2-3 所示,水速  $v_2$  大小方向都不能变,船速大小不变方向可为,即以  $v_2$  矢量末端为圆心,以  $v_1$



矢量的大小为半径画弧,从  $v_2$  矢量的始端向圆弧作切线,则合速度沿此切线方向航程最短.

由图 1-2-3 可知:  $\sin \theta = \frac{v_1}{v_2}$ , 最短航程:

$$x_{\text{短}} = \frac{d}{\sin \theta} = \frac{v_2}{v_1} d.$$

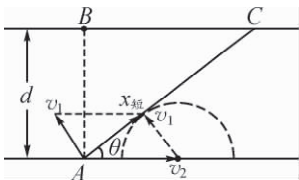


图 1-2-3

## 知能培养

### 一、对运动合成与分解的理解

#### 1. 两直线运动合成的几种情况

(1) 两个匀速直线运动的合运动是匀速直线运动或静止状态.

(2) 一个匀速直线运动和一个匀变速直线运动合成时,如果两者速度方向在同一直线上,则合运动是匀变速直线运动;如果两者速度方向不在同一直线上,则合运动是匀变速曲线运动.

(3) 两个初速度为零的匀加速直线运动的合运动是初速度为零的匀加速直线运动.

(4) 两个初速度不为零的匀加速直线运动,如果合速度和合加速度在一条直线上(如图 1-2-4 所示),其合运动为匀变速直线运动;如果合速度和合加速度不在一条直线上,其合运动为匀变速曲线运动(如图 1-2-5 所示).

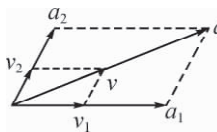


图 1-2-4

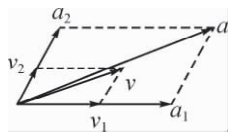


图 1-2-5

#### 2. 运动分解常见的几种方法

(1) 按效果分解:根据运动产生的效果进行分解,例如将一个初速度不为零的匀加速直线运动分解为一个匀速直线运动和一个初速度为零的匀加速直线运动.

(2) 正交分解:将一个运动分解到两个相互垂直的方向,分别研究每一个分运动的规律,然后用勾股定理合成.

**【例题 1】** 关于运动的合成与分解,以下说法正确的是 ( )

- A. 一个匀加速直线运动,可以分解为两个匀加速直线运动
- B. 一个匀减速运动,可以分解为方向相反的匀速运动和初速度为零的匀加速直线运动
- C. 一个在三维空间中运动的物体,它的运动可以分解为在一个平面内的运动和在某一直线上的直线运动
- D. 一个静止的物体,它的运动可以分解为两个方向相

反的匀速直线运动

**解析:** A. 如图 1-2-6 所示人站在匀加速直线运动的扶梯上以加速度  $a$  斜向上运动,人的运动可以分解为水平方向以  $a_x = a \cos \theta$  做匀加速运动;竖直方向以  $a_y = a \sin \theta$  做匀加速运动,任一时刻的速度  $v_x = v \cos \theta$ ,  $v_y = v \sin \theta$ . 显然这样的两个分运动合成起来一定是人的实际运动, A 正确.

B. 匀速运动  $v_0$  不变,  $x = v_0 t$ ; 初速度为零的匀加速运动  $v_t = at$ ,  $x = \frac{1}{2} at^2$ . 当一个物体同时参与方向相反的上述

两个运动时,任一时刻速度  $v_t = v_0 - at$ ,  $x = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$ , 显然是一个匀减速直线运动, B 正确.

C. 杂技演员在一个可以升降的平台上骑独轮车做圆周运动,这个杂技演员的运动可以看成在水平面上的曲线运动和在竖直方向的直线运动的合成, C 正确.

D. 只要两个相反方向的直线运动的速度大小总相等,物体一定保持静止状态, D 正确.

**答案:** ABCD

**【变式训练 1】** 一个初速度为  $v_0$ 、加速度为  $a$  的匀加速直线运动可以看作速度为  $v_0$  的匀速直线运动和初速度为 0、加速度为  $a$  的匀加速直线运动的合运动,若设前者速度为  $v_1$ , 后者速度为  $v_2$ , 合速度为  $v$ , 图 1-2-7 描述该运动的速度图象中正确的是 ( )

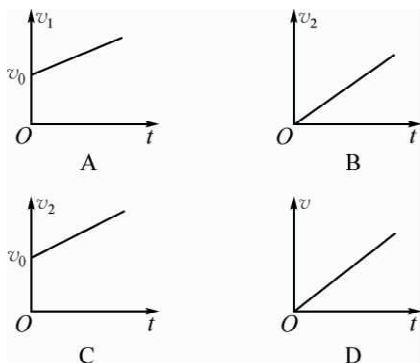


图 1-2-7

**解析:** 由于  $v_1 = v_0$ ,  $v_2 = at$ ,  $v = v_0 + at$ , 由此可知  $v_1 - t$  应为平行于  $t$  轴的直线,  $v_2 - t$  应为过原点的倾斜直线, 而  $v - t$  应为截距为  $v_0$  的一次函数, 因此 B 正确.

**答案:** B

### 二、绳子末端速度的分解

分解的关键是要认清哪个运动是合运动, 哪些运动是分运动. 生活中实际观察到的运动就是合运动(一般是绳子和物体的链接点的运动), 这类运动实际是一个沿绳的分速度用于收缩或放长绳子, 一个分运动是绳子的旋转, 所以这类问题都是将合运动一个沿绳, 一个垂直于绳分解.

这个结论可以推广到杆.



**【例题 2】** 如图 1-2-8 所示,人用绳通过定滑轮拉物体 A,当人以速度  $v_0$  匀速向左前进时,则物体 A 的速度大小是\_\_\_\_\_.

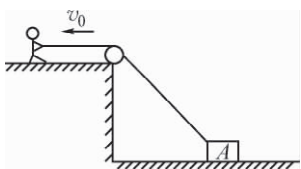


图 1-2-8

**解析:** 首先要分析物体 A 的运动与人拉绳的运动之间有什么样的关系.物体 A 的运动(即绳的末端的运动)可看作两个分运动的合成:一是沿绳的方向被牵引,绳长缩短,绳长的缩短的速度即等于  $v_0$ ;二是随着绳以定滑轮为圆心的摆动,它不改变绳长,只改变角度  $\theta$  的值.这样就可以将  $v_A$  按图 1-2-9 方向进行分解,很容易求得物体 A 的速度  $v_A = \frac{v_0}{\cos \theta}$ .当物体 A 向左移动, $\theta$  将逐渐变大, $v_A$  逐渐变大.虽然人做匀速运动,但物体 A 却在做变速运动.

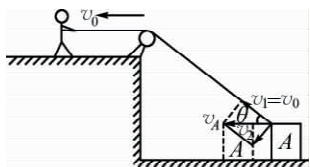


图 1-2-9

答案:  $\frac{v_0}{\cos \theta}$

**【变式训练 2】** 如下图 1-2-10 所示,在水平地面上做匀速运动的汽车,通过定滑轮用绳子吊起一个物体,若汽车和被吊物体在同一时刻的速度分别为  $v_1$  和  $v_2$ ,则下面说法正确的是 ( )

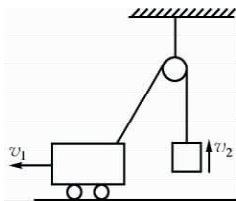


图 1-2-10

- A. 物体做匀速运动,且  $v_2 = v_1$   
 B. 物体做加速运动,且  $v_2 > v_1$   
 C. 物体做加速运动,且  $v_2 < v_1$   
 D. 物体做减速运动,且  $v_2 = v_1$

**解析:** 如图 1-2-11 所示,将车速分解,由于沿绳方向的速度相等,则有:  $v_2 = v_1 \sin \theta$ ,由于  $v_1$  是恒量,随着  $\theta$  逐渐增大, $\theta$  增大, $v_2$  逐渐增大故被吊物体做加速运动,且  $v_2 < v_1$ .

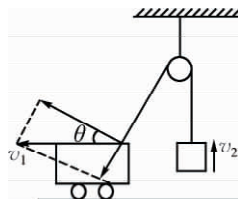


图 1-2-11

答案:C

### 三、小船过河的问题

**【例题 3】** 小船在 200 m 宽的河中渡河,水流速度是 2 m/s,船在静水中的航速是 4 m/s,求:

(1) 当小船的船头始终正对河岸时,它将在何时、何处到达对岸?

(2) 要使小船到达正对岸,应如何行驶? 耗时多少?

**解析:** 小船参与了两个运动,随水漂流和船在静水中的运动.

∵ 分运动之间是互不干扰的,具有等时的性质,故

(1) 小船渡河时间等于垂直河岸分运动时间:

$$t = \frac{d}{v_{\text{船}}} = \frac{200}{4} = 50 \text{ s}$$

沿河流方向的位移:  $l_{\text{水}} = v_{\text{水}} t = 2 \times 50 \text{ m} = 100 \text{ m}$ ,即在正对岸下游 100 m 处靠岸.

(2) ∵  $v_{\text{船}} > v_{\text{水}}$ ,则小船可以垂直过河,即合速度垂直河岸,如图 1-2-12 所示

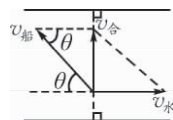


图 1-2-12

$$\text{则 } \cos \theta = v_{\text{水}} / v_{\text{船}} = 2/4 = 1/2$$

∴  $\theta = 60^\circ$  即航向与河岸成  $60^\circ$

$$t_2 = \frac{d}{v_{\text{合}}} = \frac{200}{\sqrt{4^2 - 2^2}} \text{ s} = 57.7 \text{ s}$$

答案:(1) 50 s; 在正对岸下游 100 m

(2) 船头与上游河岸成  $60^\circ$  角; 57.7 s

**【变式训练 3】** 如图 1-2-13 所示,河水流速为  $v$  一定,船在静水中的速度为  $v'$ ,若船从 A 点出发船头分别朝 AB、AC 方向划行到达对岸,已知划行方向与河岸的垂线方向夹角相等,两次的划行时间分别为  $t_{AB}$ 、 $t_{AC}$ ,则有 ( )

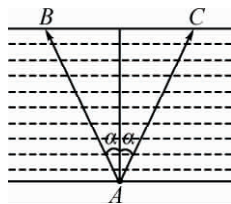


图 1-2-13

- A.  $t_{AB} > t_{AC}$                       B.  $t_{AB} < t_{AC}$   
 C.  $t_{AB} = t_{AC}$                       D. 无法确定

**解析:** 船头分别朝 AB、AC 方向,但行方向与河



岸的垂线方向夹角相等,就是船速沿垂直河岸方向的分速度相等,所以渡河时间相同.

答案:C

## 演练反馈

### A 组

1.关于合运动和分运动,下列说法正确的是 ( C )

- A. 两个分运动是先后进行的
- B. 两个分运动可以先后进行,也可以同时进行
- C. 两个分运动一定是同时进行的
- D. 先有两个同时进行的分运动,后有合运动

解析:合运动与分运动具有等时性.

2.对于两个分运动的合成,下列说法正确的是 ( C )

- A. 合运动的速度一定大于某个分运动的速度
- B. 由两个分速度的大小就能确定合速度的大小
- C. 合运动的方向就是物体实际运动的方向
- D. 合速度大小等于分速度大小之和

解析:合速度有可能小于任一个分速度,如大小相等方向相反的两个分速度的合速度为零.合速度的大小可以根据做分速度的大小和角度按矢量计算法则算出,但并不是分速度之和.

3.不在同一直线上的一个匀速直线运动和一个匀变速直线运动的合运动 ( BD )

- A. 有可能是直线运动
- B. 一定是曲线运动
- C. 有可能是曲线运动
- D. 一定是匀变速运动

解析:物体的受力方向与运动方向不共线,故必是曲线运动,所受外力是恒力故必是匀变速运动.

4.关于两个速度大小不同的分运动的合成,下列说法正确的是 ( B )

- A. 两个直线运动的合运动一定也是直线运动
- B. 两个匀速直线运动的合运动一定也是匀速直线运动
- C. 两个匀变速直线运动的合运动一定也是匀变速直线运动
- D. 一个匀速直线运动和一个匀变速直线运动的合运动一定是曲线运动

解析:合运动是直线运动还是曲线运动,要看合速度和合加速度的方向是否在同一直线上.A、C的合速度和合加速度都有可能同一条直线上也有可能不在,所以A、C错;D的两个分运动的合速度也可能和加速度的方向共线,D错;匀速运动没有加速,所以两个匀速运动的合运动一定是直线运动,B对.

5.关于轮船渡河,正确的说法是 ( BC )

- A. 水流的速度越大,渡河的时间越长
- B. 欲使渡河时间最短,船头的指向应垂直河岸
- C. 欲使轮船垂直驶达对岸,则船相对水的速度与水流速度的合速度应垂直河岸
- D. 轮船相对水的速度越大,渡河的时间一定越短

解析:渡河时间与流速无关,由船速在垂直河岸方

向的分速度和河宽决定,垂直河岸分速度越大,渡河时间越短,A错,B对,D错;船的航行方向由合速度方向决定,C对.

6.河宽 420 m,船自身速度为 4 m/s,水流速度是 3 m/s,则船过河的最短时间为 ( D )

- A. 140 s
- B.  $60\sqrt{7}$  s
- C. 84 s
- D. 105 s

解析:用河宽除以船速即可,即船始终垂直河岸行驶时间就最短.

### B 组题

7.雨滴由静止开始下落,遇到水平方向吹来的风,下列说法正确的是 ( BC )

- A. 风速越大,雨滴下落时间越长
- B. 风速越大,雨滴着地速度越大
- C. 雨滴下落时间与风速无关
- D. 雨滴着地速度与风速无关

解析:这是类小船过河问题,下落时间与水平方向风速无关,A错,C对;雨滴落地速度由雨滴水平速度和竖直速度共同决定,B对,D错.

答案:BC

8.某船船头始终垂直河岸航行,船到河心时流速突然变为原来的 2 倍,则过河的时间 ( A )

- A. 不受影响
- B. 时间缩短为原来的 3/4
- C. 时间将变长
- D. 时间缩短为原来的 1/2

解析:流速不影响渡河时间.

9.小船要由河南岸渡到河北岸,已知水平向东流速度为 10 m/s,船的速度是 20 m/s.现在要想用最短的航程内到达北岸,船航向与河岸应保持的夹角是 ( B )

- A.  $120^\circ$
- B.  $60^\circ$
- C.  $45^\circ$
- D.  $90^\circ$

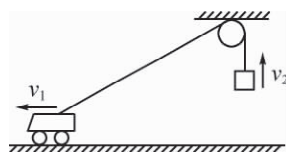
解析:要使船垂直驶向对岸,则要令船在沿河流方向上的合速度为零,即船沿河流方向的分速度大小等于水流速度方向与水流速度方向相反.

10.运动员掷出铅球,若不计空气阻力,下列对铅球运动性质的说法中正确的是 ( A )

- A. 加速度的大小和方向均不变,是匀变速曲线运动
- B. 加速度大小和方向均改变,是非匀变速曲线运动
- C. 加速度大小不变,方向改变,是非匀变速曲线运动
- D. 若水平抛出是匀变速曲线运动,若斜向上抛出则不是匀变速曲线运动

解析:抛出后的铅球只受重力作用,故一定是匀变速曲线运动.

11.如图练 1-2-1 所示,在水平地面上作匀速直线运动的汽车,通过定滑轮用绳子吊起一物体,若汽车和被吊物体在同一时刻的速度分别为  $v_1$  和  $v_2$ ,则下面说法正确的是 ( B )



图练 1-2-1





- A. 物体在做匀速运动,且  $v_2 = v_1$
- B. 物体在做加速运动,且  $v_2 < v_1$
- C. 物体在做加速运动,且  $v_2 > v_1$
- D. 物体在做减速运动,且  $v_2 > v_1$

解析: $v_1$  沿绳和垂直于绳分解,沿绳分速度大小和  $v_2$  相等,又沿绳速度是直角边, $v_1$  是斜边,所以 B 对.

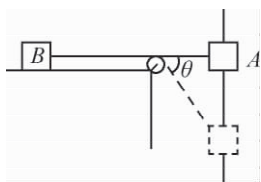
12. 船在静水中速度为  $v_1$  小于水流速度为  $v_2$ , 河宽为  $d$ , 当船头垂直向对岸航行时, 则 ( B )

- A. 实际航程最短
- B. 当船速不变, 水流速度增大时过河时间不变
- C. 实际航程最长
- D. 当船速不变, 水流速度增大时, 过河时间变长

解析: 船速小于水速时, 船头斜向上与岸成  $\arccos \frac{v_1}{v_2}$  角度, 实际航程最短  $\frac{v_2}{v_1}d$ , A 错; 渡河时间与水速无关, D 错, B 对; 无最长航程, C 错.

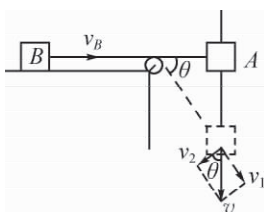
C 组

13. 如图练 1-2-2 所示, 物体 A 以速度  $v$  沿竖直杆匀速下滑, 物体 B 用绳跨过滑轮与 A 相连, 当绳与水平面成  $\theta$  角时, 物体 B 的速率为多少?



图练 1-2-2

解析: 将 A 的速度分解如图练 1-2-3 所示, 又沿绳速度相同, 即  $v_B = v_1 = v \sin \theta$



图练 1-2-3

答案:  $v \sin \theta$

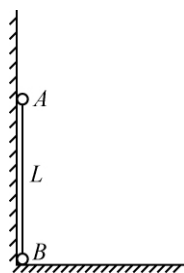
14. 一条河宽 100 米, 船在静水中的速度为 4 m/s, 水流速度是 5 m/s, 则 ( B )

- A. 该船能垂直河岸横渡到对岸

- B. 当船头垂直河岸横渡时, 过河所用的时间最短
- C. 当船头垂直河岸横渡时, 船的位移最小是 125 米
- D. 无论船头朝哪个方向渡到对岸时, 它的位移必定大于 125 米

解析: 船速小于水速, 不可能可以垂直驶对岸; 由于船速与水速大小都是不变的, 要使船的位移最小就要求船渡河时间最短即要求船头始终垂直对岸行驶, 由此算出最小位移为 160 m.

15. 一个长直轻杆两端分别固定一个小球 A 和 B, 两球质量均为  $m$ , 两球半径忽略不计, 杆 AB 的长度为  $L$ . 现将 AB 杆竖直地靠在竖直墙壁上, 如图练 1-2-4 所示, 轻轻触动小球 B, 使小球沿水平地面向右运动, 求小球 A 沿墙下滑  $\frac{1}{2}L$  时 A、B 两球速度  $v_A$  和  $v_B$  之比为多大? (不计一切摩擦)

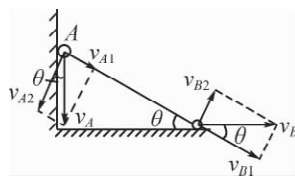


图练 1-2-4

解析: 将 A、B 两点的速度分别沿杆和垂直于杆分解, 如图练 1-2-5 解所示, 又杆不能伸长和缩短, 所以沿杆速度必须相等, 即  $v_{A1} = v_{B1}$ , 当小球 A 下滑  $\frac{1}{2}L$  时,  $\theta = 30^\circ$ .

又  $\because v_{A1} = v_{B1}$   
即  $v_A \sin 30^\circ = v_B \cos 30^\circ$

$\therefore \frac{v_A}{v_B} = \frac{\cos 30^\circ}{\sin 30^\circ} = \cot 30^\circ = \sqrt{3}$ .



图练 1-2-5

答案:  $\sqrt{3}$

教学后记

---



---



---





## 3 平抛运动



## 学习目标

1. 知道平抛运动的特点是初速度方向水平,只有竖直方向受重力作用,运动轨迹是抛物线.
2. 知道平抛运动水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动互不影响.
3. 理解平抛运动是匀变速运动,其加速度为  $g$ .
4. 会用平抛运动规律解答有关问题.



## 知识储备

1. 运动的合成与分解.
2. 匀速直线运动的规律.
3. 匀变速直线运动的规律.
4. 力和运动的关系.



## 自主学习

1. 将物体以一定的初速度沿 水平方向 抛出,不考虑空气阻力,物体只在 重力 作用下所做的运动叫平抛运动.

2. 平抛运动可以分解为:

① 水平方向的物体做 匀速(直线) 运动;  $v_x =$

$$v_0, x = v_0 t.$$

② 竖直方向的物体做 初速度为零的匀加速直线

运动;  $v_y = gt, y = \frac{gt^2}{2}.$

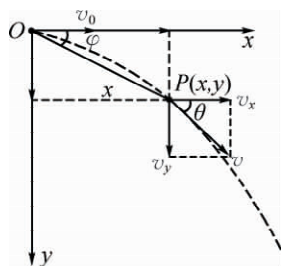


图 1-3-1

3. 平抛运动的速度

$$v_x = v_0, v_y = gt;$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}, \tan \theta = \frac{gt}{v_0}.$$

4. 平抛运动的位移

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

$$x = \sqrt{(v_0 t)^2 + \left(\frac{gt^2}{2}\right)^2}, \tan \varphi = \frac{gt}{2v_0}.$$



## 知能培养

## 一、平抛运动的特点

平抛运动的特点是:水平方向为匀速直线运动,匀速直线运动的所有规律在这里都成立;竖直方向是初速度为零,加速度为  $g$  的匀加速直线运动,即自由落体运动,自由落体运动的所有规律在这里也都成立.

【例题 1】 关于平抛运动,下列说法中正确的是 ( )

- A. 平抛运动是匀变速运动
- B. 做平抛运动的物体,在任何相等的时间内速度的变化量都是相等的
- C. 可以分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动
- D. 落地时间和落地时的速度只与抛出点的高度有关

解析:做平抛运动的物体只受重力,加速度恒定,它是一个匀变速曲线运动,因此 A 正确.又由速度的变化量  $\Delta v$  与时间  $\Delta t$  的关系可得:  $\Delta v = g\Delta t$ ,即在任何相等的时间内速度的变化量相等,故 B 正确.平抛运动可分解为水平方向的匀速直线运动及竖直方向的自由落体运动,且落地时间

$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ,落地速度为  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ ,所以 C 对, D 错.

答案: A、B、C

【变式训练 1】 关于平抛运动,下列说法中正确的是 ( )

- A. 物体只受重力作用,是  $a = g$  的匀变速运动
- B. 初速度越大,物体在空中运动的时间越长
- C. 物体落地时的水平位移与初速度无关
- D. 物体落地时的水平位移与抛出点的高度无关

解析:平抛是加速度为  $g$  的匀变速曲线运动, A 对;物体在空中飞行的时间只由高度决定, B 错;飞行的水平位移由高度和初速度共同决定, C、D 错.

答案: A

## 二、平抛规律运用

平抛规律运用的关键是找到水平方向和竖直方向的位移、速度关系,即用好位移和速度两个矢量三角形.

【例题 2】 在亚丁湾某次护航任务中,为了驱赶索马里海盗,我护航官兵从空中直升机上水平向海盗船发射了一颗警告弹,6 s 后官兵看到警告弹在海盗船附近爆炸(如图 1-3-2),若爆炸时警告弹的运动方向与水平方向的夹角为  $30^\circ$ ,空气阻力不计,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,求:

- (1) 直升机发射警告弹时的高度;
- (2) 警告弹的初速度;
- (3) 发射警告弹时直升机到海盗船的距离.



图 1-3-2

解析:(1)直升机的高度

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 6^2 \text{ m} = 180 \text{ m}.$$

(2)警告弹爆炸前瞬间的竖直速度

$$v_y = g \cdot t = 10 \times 6 \text{ m/s} = 60 \text{ m/s}$$

$$\text{所以 } v_0 = \frac{v_y}{\tan 30^\circ} = \frac{60}{\frac{\sqrt{3}}{3}} \text{ m/s} = 60\sqrt{3} \text{ m/s} \approx 104 \text{ m/s}.$$

(3)直升机到海盗船的距离

$$s = \sqrt{x^2 + h^2} = \sqrt{(60\sqrt{3} \times 6)^2 + 180^2} \text{ m} \approx 649 \text{ m}.$$

答案:(1)180 m (2)104 m/s (3)649 m

**【变式训练 2】** 新浪体育讯:北京时间 2009 年 7 月 4 日,2010 年世界女排锦标赛亚洲区资格赛成都赛区的比赛结束了第二天的较量.实力明显占优的中国女排直落三局轻松击败乌兹别克斯坦女排赢得两连胜,因此中国队已经提前一轮获得明年世锦赛的入场券.

在比赛中我国主攻手王一梅站在距网 3 m 远处正对网跳起用力将球以 12 m/s 的速度水平击出,设击出点距地面 2.5 m 高(不计空气阻力),如图 1-3-3 所示,试问排球能落在距网多远处?

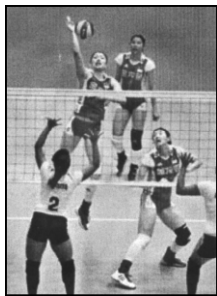


图 1-3-3

解析:本题假设排球是水平击出的,遵从平抛运动规律.

$$\text{水平方向 } x = v_0 t$$

$$\text{竖直方向 } h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{且 } v_0 = 12 \text{ m/s} \quad h = 2.5 \text{ m}$$

$$\text{代入数据求得: } x = 8.49 \text{ m}$$

$$\text{距网的距离应为 } \Delta x = x - 3 = 5.49 \text{ m}.$$

答案:5.49 m

### 三、与斜面相关的平抛运动

与斜面有关的平抛可以分为迎着斜面抛和背离斜面抛.

前者一般会用到速度三角形,如例题 3;后者一般会用到位移三角形,如变式训练 3.

**【例题 3】** 如图 1-3-4 所示,以 9.8 m/s 的水平初速度  $v_0$  抛出的物体,飞行一段时间后,垂直地撞在倾角  $\theta$  为  $30^\circ$  的斜面上,物体完成这段飞行需要的时间是 ( )

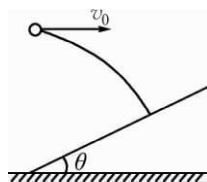


图 1-3-4

- A.  $\frac{\sqrt{3}}{3}$  s      B.  $\frac{2\sqrt{3}}{3}$  s  
C.  $\sqrt{3}$  s      D. 0.2 s

解析:分解物体末速度,如图 1-3-5 解所示,由于平抛物体水平方向是匀速运动,竖直方向是自由落体运动,末速度  $v$  的水平分速度仍为  $v_0$ ,竖直分速度为  $v_y$  则:

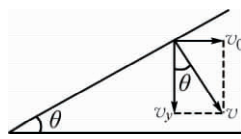


图 1-3-5

$$v_y = gt$$

由图可知  $\frac{v_0}{v_y} = \tan 30^\circ$ , 所以:

$$t = \frac{v_0}{g \cdot \tan 30^\circ} = \sqrt{3} \text{ s}.$$

答案:C

**【变式训练 3】** 如图 1-3-6 所示,小球从楼梯顶部以  $v_0 = 2 \text{ m/s}$  的速度水平抛出,所有台阶都是高  $h = 0.2 \text{ m}$ ,宽  $L = 0.25 \text{ m}$ ,问小球从楼梯顶部水平抛出后首先撞到哪一级台阶上? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

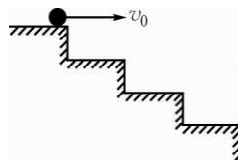


图 1-3-6

解析:把台阶顶点连成一斜线,小球落到斜线上时水平、竖直位移之比为:  $\frac{x}{y} = \frac{0.25}{0.2}$ ,  $x = 2t$ ,  $y = gt^2/2$ , 得  $t = 0.32 \text{ s}$ ,  $x = 0.64 \text{ m}$ ,  $0.50 < 0.64 < 0.75$ , 小球落在第 3 个台阶上.

答案:第 3 级台阶

### 四、学生实验:研究平抛物体的运动

#### 1. 实验设计

利用实验室的斜面小槽等装配如图 1-3-7 所示的装置.钢球从斜槽上滚下,通过末端的水平轨道后平抛.钢球每次从同一位置滚下,这样保证钢球每次的轨迹相同,设法描出钢球轨迹上的多个点,然后用平滑曲线连接就可以得到平



抛运动的轨迹.

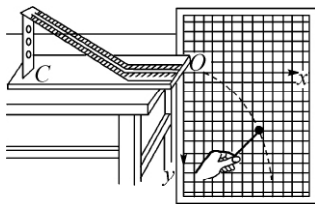


图 1-3-7

## 2. 实验器材

斜槽、支架、木板、小球、坐标纸、图钉、刻度尺、三角板、重锤线、铅笔.

## 3. 实验步骤

(1) 把斜槽放在桌面上, 让它的末端伸出桌面外, 调节斜槽末端, 使其切线方向水平后, 把斜槽固定在桌面上.

(2) 用图钉把白纸钉在木板上, 把木板沿竖直方向固定在支架上, 使小球在斜槽末端水平抛出后的轨道平面与纸面平行.

(3) 以斜槽末端作为平抛运动的起点  $O$ , 在白纸上标出  $O$  的位置, 过  $O$  点用重垂线画出竖直线, 定为  $y$  轴.

(4) 让小球每次都从斜槽上同一适当位置由静止滚下, 移动笔尖在白纸上的位置, 当小球恰好与笔尖正碰时, 在白纸上依次记下这些点的位置.

(5) 把白纸从木板上取下来, 用三角板过  $O$  点作竖直线  $y$  轴的垂线, 定为  $x$  轴, 再将上面依次记下的一个个点连成光滑曲线, 这就是平抛小球的运动轨迹.

## 4. 注意事项

(1) 实验前斜槽和木板都要牢牢固定, 实验中不能移动, 木板必须竖直, 小球靠近但不接触木板, 实验中必须保持斜槽末端水平.

(2) 坐标的确定方法: 小球在轨道末端时球心的位置为坐标原点的位置, 轨道末端重锤线为  $y$  轴,  $x$  轴过原点与  $y$  轴垂直.

(3) 小球必须每次从斜槽上相同的位置自由滚下, 可在此位置设置标记.

(4) 实验时, 眼睛应平视运动小球, 并较准确地确定小球通过的位置.

(5) 要在斜槽上较大的高度释放小球, 使其以较大的水平速度运动, 从而减小相对误差.

(6) 要用平滑的曲线画出轨迹, 舍弃个别偏差较大的点.

(7) 在轨迹上选点时, 不要离抛出点过近, 并且使所选取的点之间尽量远些.

## 5. 平抛运动水平方向运动性质的判断

(1) 根据平抛运动竖直方向的分运动是自由落体运动及自由落体运动高度  $h$  与时间的  $t$  关系:  $h = \frac{1}{2}gt^2$ .

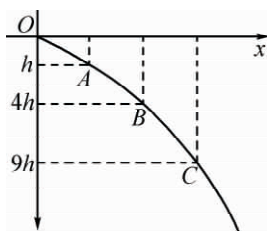


图 1-3-8

如图 1-3-8 所示在纵坐标上取  $h, 4h, 9h, 16h \dots$  等点, 则物体在纵坐标上的两点之间运动时间是相同的.

(2) 过这些点作水平线与轨迹相较于  $A, B, C, D \dots$  等点, 这些点之间的时间间隔也是相等的.

(3) 测量  $O, A, B, C, D \dots$  各相邻点间的水平位移, 可知连续相等时间内位移相等, 得出实验结论.

**6. 实验结论:** 平抛运动在水平方向的运动是匀速直线运动, 在竖直方向是自由落体运动.

## 7. 平抛初速度的计算

(1) 在轨迹曲线上任取几点 (如  $A, B, C, D \dots$ ).

(2) 用刻度尺和三角板分别测出它们的坐标  $x$  和  $y$ .

(3) 由  $x = v_0t, y = \frac{1}{2}gt^2$  消  $t$  有  $v_0 = x\sqrt{\frac{g}{2y}}$  可以求出多组  $v_0$ , 然后求其平均值.

**【例题 4】** 如图 1-3-9 为一小球做平抛运动的闪光照片的一部分, 图中方格每边长为  $5 \text{ cm}$ ,  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ , 求小球的水平分速度和小球在  $B$  点时的竖直分速度.

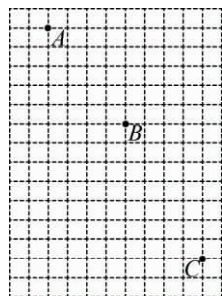


图 1-3-9

**解析:** 图 1-3-9 为闪光照片的一部分, 闪光周期是不变的, 即小球从  $A$  到  $B$ , 从  $B$  到  $C$  用的时间  $t_{AB} = t_{BC} = T$  (也可以从  $A, B$  间与  $B, C$  间的水平距离相等得出该结论). 因为是照片的一部分, 不能认为  $A$  是平抛物体运动的抛出点, 但小球在竖直方向上仍然做加速度为  $g$  的匀变速直线运动,  $t_{AB} = t_{BC}$ , 所以竖直方向有  $\Delta y = y_{BC} - y_{AB} = g \cdot T^2$

而  $\Delta y = 5 \text{ cm/格} \times 2 \text{ 格} = 10 \text{ cm}$ , 代入上式得闪光周期  $T = 0.1 \text{ s}$

又  $x_{AB} = 5 \text{ cm} \times 4 = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$

所以  $v_0 = \frac{x_{AB}}{T} = \frac{0.2}{0.1} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$

小球在  $B$  点时的竖直分速度  $v_{By} = \overline{v_{AC}}$  即在  $B$  点的竖直分速度等于小球通过  $A, C$  两位置的竖直距离的平均速度, 因为  $B$  点是  $A, C$  的中间时刻, 所以





$$v_{By} = y_{AC} / 2T = \frac{y_{AB} + y_{BC}}{2T} = \frac{0.25 + 0.35}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 3 \text{ m/s.}$$

答案: 2 m/s 3 m/s

**【变式训练 4】** 某同学通过实验对平抛运动进行研究,他在竖直墙上记录了抛物线轨迹的一部分,如图 1-3-10 所示.  $O$  点不是抛出点,  $x$  轴沿水平方向,由图中所给的数据可求出平抛物体的初速度是 \_\_\_\_\_ m/s,抛出点的坐标  $x =$  \_\_\_\_\_ m,  $y =$  \_\_\_\_\_ m. ( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ )

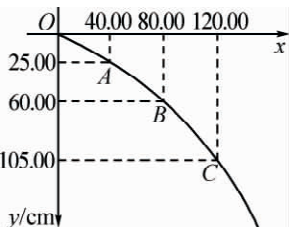


图 1-3-10

解析:由  $\Delta y = gT^2$ , 可得  $T = 0.1 \text{ s}$

$$v_0 = \frac{\Delta x}{T} = 4 \text{ m/s}$$

$$v_{By} = \frac{y_{AC}}{2T} = \frac{(105.00 - 25.00) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s,}$$

又  $v_{By} = gt_B$ , 得  $t_B = 0.4 \text{ s}$ , 即从抛出点到 B 点所用时间为  $0.4 \text{ s}$ .

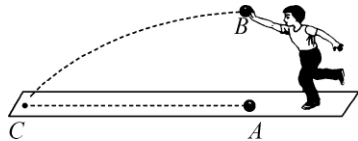
根据  $x = v_0 t_B - x_B$ ,  $y = \frac{1}{2} g t_B^2 - y_B$ , 可得抛出点坐标 ( $-x$ ,  $-y$ ) 为 ( $-0.8 \text{ m}$ ,  $-0.20 \text{ m}$ ).

答案: 4 m/s -0.80 m -0.20 m

## 演练反馈

A 组

1. 如图练 1-3-1 所示, 在光滑的水平面上有小球 A 以初速度  $v_0$  向左运动, 同时刻一个小孩在 A 球正上方以  $v_0$  的速度将 B 球平抛出去, 最后落于 C 点, 则 \_\_\_\_\_ ( C )



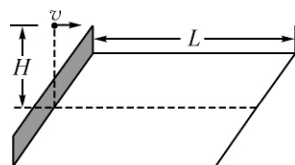
图练 1-3-1

- A. 小球 A 先到达 C 点
- B. 小球 B 先到达 C 点
- C. 两球同时到达 C 点
- D. 不能确定

解析: B 球水平方向以速度  $v_0$  做匀速直线运动, 故二者同时到达 C 点.

2. (2011·广东) 如图练 1-3-2 所示, 在网球的网前截击练习中, 若练习者在球网正上方距地面  $H$  处, 将球以速度  $v$

沿垂直球网的方向击出, 球刚好落在底线上. 已知底线到网的距离为  $L$ , 重力加速度取  $g$ , 将球的运动视作平抛运动, 下列表述正确的是 \_\_\_\_\_ ( AB )



图练 1-3-2

- A. 球的速度  $v$  等于  $L\sqrt{\frac{g}{2H}}$
- B. 球从击出到落地的时间为  $\sqrt{\frac{2H}{g}}$
- C. 球从击出点到落地点的位移等于  $L$
- D. 球从击出点到落地点的位移与球的质量有关

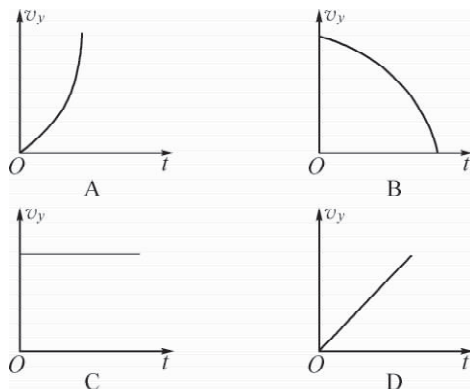
解析: 球做平抛运动, 平抛运动是水平方向上的匀速直线运动和竖直方向上的自由落体运动的合运动, 球的初速度  $v = L\sqrt{\frac{g}{2H}}$ , A 正确. 球从击出到落地的时间  $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ , B 正确. 球从击球点至落地点的位移等于  $\sqrt{L^2 + H^2}$ , 与球的质量无关, 选项 C、D 错误.

3. 一个物体以速度  $v_0$  水平抛出, 落地时速度的大小为  $2v_0$ , 不计空气的阻力, 重力加速度为  $g$ , 则物体在空中飞行的时间为 \_\_\_\_\_ ( C )

- A.  $\frac{v_0}{g}$
- B.  $\frac{2v_0}{g}$
- C.  $\frac{\sqrt{3}v_0}{g}$
- D.  $\frac{\sqrt{2}v_0}{g}$

解析:  $v_y = \sqrt{v^2 - v_0^2} = gt$ ,  $\therefore t = \frac{\sqrt{v^2 - v_0^2}}{g} = \frac{\sqrt{3}v_0}{g}$ .

4. 物体做平抛运动时, 描述物体在竖直方向的分速度  $v_y$  (取向下为正) 随时间变化的图象是图练 1-3-3 中的 \_\_\_\_\_ ( D )



图练 1-3-3

解析: 因为  $v_y = gt$  是正比例函数, 其  $v-t$  图象是