

人教统编版

教材课时同步讲练

高一物理·下

【主编】郭景龙



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS  
WWW.NNDP.COM

东北师范大学出版社

# 北大绿卡

BEIJING UNIVERSITY

Permanent Resident Card

人教版统编

教材课时同步讲练

高一物理·下

【主编】郭景龙

北大绿卡

BEIJING UNIVERSITY

Permanently Registered



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS  
WWW.NNUP.COM

东北师范大学出版社 长春

- 总策划：教育分社  
责任编辑：李亚民  
封面设计：宋超  
责任校对：姜志  
责任印制：张允豪

- 主 编：郭景龙  
副 主 编：耿清民 田万波  
编 者：刘万胜 赵国亮 宋丽萍 丁成龙 王欣雨 邢淑贤 刘丽春  
于金辉 郭立英 刘 猛 王福占 李东会 张向东 王润松  
乔文娟 王福山 朴景灿 邱春冬 赵月山

图书在版编目 (CIP) 数据

北大绿卡·人教统编版·高一物理·下/郭景龙主编.  
—长春：东北师范大学出版社，2007.11  
ISBN 978-7-5602-4719-9

I. 北… II. 郭… 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 (2007) 第 070132 号

东北师范大学出版社出版发行  
长春市人民大街 5268 号 (130024)  
电话：0431—85695744 85688470  
传真：0431—85695744 85695734  
网址：<http://www.nenup.com>

电子邮件：[sdchs@mail.jl.cn](mailto:sdchs@mail.jl.cn)  
东北师范大学出版社激光照排中心制版  
长春新华印刷厂印装  
长春市吉林大路 535 号 (130031)

2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷  
幅面尺寸：210mm × 296mm 印张：11.5 字数：350 千

定价：18.00 元

如发现印装质量问题，影响阅读，可直接与承印厂联系调换

## 出版说明

《北大绿卡》是东北师范大学出版社全力打造、倾情奉献给莘莘学子的系列教辅读物。该书具有以下特点：

**第一，覆盖面全。**该丛书以人教社新课标教材为蓝本，配备了从小学到初、高中各科、各年级系列教辅，同时还涵盖了北师大版、华东师大版、沪科版、沪教版、苏教版、沪粤版、浙教版、冀教版等版本。

**第二，体例新。**该丛书从理顺本章或本节知识切入，在自主学习的基础上采取讲例、讲练对照，以练为主，双栏对照排版，双色印刷的形式，突出重点，使体例清新明了。同时根据各学科的特点，分别设计了不同的编写体例，这样更能突出本书的实用性。

**第三，夯实基础。**正确并全面地掌握教材中的基本概念。基本理论是学习的根本，任何成绩的取得都源于对教材基础知识的点滴积累及深入体会，基础知识是形成能力的前提，因此，本书特别注重对基础知识的讲解和练习。有专家说：分析问题和解决问题的能力是练出来的，只有运用所学的知识去解决问题，才能不断提高自己的能力。本丛书正体现了这一宗旨。

**第四，对教材的讲解精。**本书对教材知识点的讲解真正体现了围绕重点，突破难点，精讲精析，使学生透彻地理解并掌握教材，能以不变应万变，举一反三，触类旁通。

**第五，注重能力培养。**该丛书注重考纲、考点的提炼总结，注重对考试题型的变化和掌握，注重例题和习题的典型性和迁移性，避免随意性和孤立性。体现从基础到提高，由课内到课外，由综合创新再到中考和高考，实现从知识到能力的飞跃，使学生获得可持续发展的能力。



## 第5章 曲线运动

### 一、本章内容概述

本章是高中物理必修二中最具综合性、最易理解而在高考中占重要地位的一章。它由曲线运动概念、运动的合成与分解、圆周运动三部分组成。其中圆周运动是曲线运动的一种特例，也是曲线运动的重点。本章的学习重点是：运动的合成与分解、圆周运动的规律。本章的学习难点是：运动的合成与分解、圆周运动的规律。本章的学习目标是：理解曲线运动的概念、运动的合成与分解、圆周运动的规律。

开拓视野，  
提供目标方向。

### 第一节 曲线运动

梳理重点内容，  
明确目标要求。

#### 学习目标

- 曲线运动的定义  
曲线运动的速度方向及加速度  
物体做曲线运动的条件

总结规律，  
点拔方法，把握  
精髓。

#### 知识规律方法

##### 曲线运动的条件

1. 物体所受合外力的方向跟它的速度方向不在同一直线上，物体就做曲线运动。这是物体做曲线运动的必要条件。如果合外力方向跟速度方向在同一直线上，物体就做直线运动。2. 物体做曲线运动时，加速度方向跟速度方向不在同一直线上。3. 物体做曲线运动时，速度方向时刻在变化，所以物体做曲线运动时，速度方向时刻在变化。

#### 巩固提高练习

1. 汽车在凹凸不平的公路上行驶，路面为凸形路面，问：(1) 汽车在凸形路面上行驶时，对路面的压力与汽车的重力相比，是大于、等于还是小于？(2) 汽车在凹形路面上行驶时，对路面的压力与汽车的重力相比，是大于、等于还是小于？

立足基础，  
针对练习，循序  
渐进。

针对本节重点，  
兼顾基础与综合，  
旨在检验学生对知  
识的掌握情况。

#### 同步练习

##### 曲线运动的条件

1. 物体的速度  $v$ ，  
物体做曲线运动，其速度的方向与平行于切线方向。其速度方向与切线方向一致。2. 物体做曲线运动时，速度方向时刻在变化，所以物体做曲线运动时，速度方向时刻在变化。

#### 习题选

1. 一质点的速度是  $2 \text{ m/s}$ ，一小船相对水的速度是  $2 \text{ m/s}$ ，小船头指向与上游成  $60^\circ$  角。(1) 问：小船相对于岸的速度大小和方向？(2) 问：小船相对于岸的速度大小和方向？

#### 自我评价

(时间：50分 满分：100分)

一、选择题(每题4分，共20分)

1. 物体在几个力的作用下做曲线运动，如果某力突然消失，则物体( )

- A. 必做曲线运动  
B. 必做直线运动  
C. 必做匀变速运动  
D. 必做变加速运动

2. 关于曲线运动的合成，下列说法正确的是( )

- A. 两个直线运动的合运动一定是直线运动  
B. 两个匀速圆周运动的合运动一定是曲线运动  
C. 两个匀变速直线运动的合运动一定是曲线运动  
D. 两个匀变速运动的合运动一定是曲线运动

阶段考评，自  
查知识水平，综合  
提升应试能力。

3. 飞机以一定的速率  $v_0$  飞行，某时刻以  $a$  加速度下落，则( )

- A. 飞机上的乘客所受重力与支持力平衡  
B. 飞机上的乘客所受重力与支持力不平衡  
C. 飞机上的乘客所受重力与支持力不平衡  
D. 以上说法都不对

4. 把一个物体以  $20 \text{ m/s}$  的初速度沿与水平成  $30^\circ$  角的方向斜向上抛出，抛出后物体可视为一以  $20 \text{ m/s}$  的

速度沿抛物线方向与速度同向运动，一边做自由落体运动，一边做匀加速运动。2. 质点做曲线运动时，其速度的方向时刻在变化。

- A. 物体的速度大小是  $40 \text{ m/s}$ ，方向向右偏下  $45^\circ$   
B. 物体的速度大小是  $20\sqrt{2} \text{ m/s}$ ，方向水平向右  
C. 以上说法都不对

3. 质点的速度是  $3 \text{ m/s}$ ，船在静水中的速度是  $8 \text{ m/s}$ ，问：船头应指向何方，才能使船垂直河岸过河？

- A. 船头指向与上游成  $60^\circ$  角时，渡河时间最短  
B. 船头指向与上游成  $60^\circ$  角时，渡河时间最短  
C. 船头指向与上游成  $60^\circ$  角时，渡河时间最短  
D. 渡河时间最短时，渡河速度是  $8 \text{ m/s}$

4. 如图 5-1 所示，为一皮带传动装置，两轮半径分别为  $r_1$  和  $r_2$ ，两轮边缘上的一点 A 和 B 的线速度大小之比为  $v_1$  和  $v_2$ ，角速度大小之比为  $\omega_1$  和  $\omega_2$ ，向心加速度大小之比为  $a_1$  和  $a_2$ ，则( )

- A.  $v_1 = v_2$ ， $\omega_1 = \omega_2$ ， $a_1 = a_2$   
B.  $v_1 = v_2$ ， $\omega_1 = \omega_2$ ， $a_1 = a_2$   
C.  $v_1 = v_2$ ， $\omega_1 = \omega_2$ ， $a_1 = a_2$   
D. 以上说法都不对

5. 如图 5-2 所示，一皮带传动装置，两轮半径分别为  $r_1$  和  $r_2$ ，两轮边缘上的一点 A 和 B 的线速度大小之比为  $v_1$  和  $v_2$ ，角速度大小之比为  $\omega_1$  和  $\omega_2$ ，向心加速度大小之比为  $a_1$  和  $a_2$ ，则( )

- A.  $v_1 = v_2$ ， $\omega_1 = \omega_2$ ， $a_1 = a_2$   
B.  $v_1 = v_2$ ， $\omega_1 = \omega_2$ ， $a_1 = a_2$   
C.  $v_1 = v_2$ ， $\omega_1 = \omega_2$ ， $a_1 = a_2$   
D. 以上说法都不对

6. 如图 5-3 所示，一皮带传动装置，两轮半径分别为  $r_1$  和  $r_2$ ，两轮边缘上的一点 A 和 B 的线速度大小之比为  $v_1$  和  $v_2$ ，角速度大小之比为  $\omega_1$  和  $\omega_2$ ，向心加速度大小之比为  $a_1$  和  $a_2$ ，则( )

- A.  $v_1 = v_2$ ， $\omega_1 = \omega_2$ ， $a_1 = a_2$   
B.  $v_1 = v_2$ ， $\omega_1 = \omega_2$ ， $a_1 = a_2$   
C.  $v_1 = v_2$ ， $\omega_1 = \omega_2$ ， $a_1 = a_2$   
D. 以上说法都不对



# 目 录

## 第5章 曲线运动/1

- 第一节 曲线运动/2  
第二节 运动的合成和分解/4  
习题课/8  
第三节 平抛物体的运动/11  
第四节 匀速圆周运动/15  
第五节 向心力 向心加速度/18  
第六节 匀速圆周运动的实例分析/21  
习题课/24  
第七节 离心现象及其应用/27  
→自我评价→/25

## 第6章 万有引力定律/32

- 第一节 行星的运动/33  
第二节 万有引力定律/35  
习题课/38  
习题课/41  
第三节 引力常量的测定/45  
第四节 万有引力定律在天文学上的应用/46  
第五节 人造卫星 宇宙速度/48  
第六节 行星、恒星、星系和宇宙/52  
→自我评价→/54

## 第7章 机械能/56

- 第一节 功(第一课时)/57  
功(第二课时)/60  
第二节 功 率(第一课时)/63  
功 率(第二课时)/65

- 第三节 功和能/68  
第四节 动能 动能定理/70  
习题课/73  
第五节 重力势能/77  
第六节 机械能 机械能守恒定律/81  
第七节 机械能守恒定律的应用/84  
习题课/88  
→自我评价→/81

## 第8章 动量/94

- 第一节 冲量和动量/95  
第二节 动量定理(第一课时)/98  
动量定理(第二课时)/101  
第三节 动量守恒定律/105  
习题课/109  
第四节 动量守恒定律的应用/113  
习题课/115  
第五节 反冲运动 火箭/119  
→自我评价→/120  
专题 动量守恒和物体相互作用过程的内力做功与能量转化/123  
专题 结合动量守恒并综合运用力学规律的力学综合题的分析计算方法/128

## 参考答案



# 第5章

## 曲线运动

### 一、教材分析

本章将要学习的曲线运动,是运动学中更具有实际意义、更普遍地存在的运动形式,它也比直线运动更复杂。

本章的重点内容是:1. 曲线运动的一般性质,其中包括曲线运动的速度方向特点,形成曲线运动的条件等。2. 研究复杂运动的常用方法——运动的合成和分解。3. 曲线运动中一种最简单的运动形式——平抛运动的规律及运用这些规律公式去分析计算平抛运动的有关问题。4. 曲线运动中最具典型意义也是最基本的曲线运动形式——圆周运动。

曲线运动的这些知识与我们在前面学过的力学知识有着密切的关系。也可以说,本章将要学到的曲线运动知识中的绝大部分属于前面学过的力学知识的应用或延伸。如曲线运动的速度方向是在观察的基础上运用惯性的知识推导出的;曲线运动的条件则是直线运动条件的反证(教材中又通过实际观察作了进一步印证——铁球在磁铁的不沿速度方向的吸引力作用下做曲线运动);运动的合成和分解的理论基础仍然是矢量的独立性和平行四边形法则;平抛运动的两个分运动的性质的确定,除了用实验的方法确定外,理论上可以通过牛顿第二定律给予充分的证明;圆周运动的核心问题——向心力公式,则属于牛顿第二定律在圆周运动中的表现形式。由此可见,学好力学的基础知识对于学好后续课程具有十分重要的意义。

本章知识重点是:平抛运动的规律公式及应用和圆周运动的向心力公式及其在实际问题中的应用。通过对平抛运动的研究方法、规律公式的推导和这些规律公式在实际问题中的运用,不仅能让我们看到运动的合成和分解这种研究问题的方法在研究、分析、计算具体问题时的有效性,更能让我们学会这种方法,进而能自觉地运用这种方法去分析、研究和解决其他复杂的运动学问题。圆周运动的向心力公式属于圆周运动的动力学公式,它反映了圆周运动的运动情况和受力情况之间的关系,因此,它在分析计算圆周运动问题以及可以近似看成圆周运动的一段曲线运动的问题时被广泛地应用。

运动的合成和分解的方法,以及这种方法在解决较为复杂的运动学问题中的具体运用,是本章知识的难点,注意体会这种方法的实质是突破这一难点的关键。

### 二、学法建议

本章内容综合性强,与学过的力学知识有着密切的联系,学习的过程中要注意这一点,并自觉地运用已有的知识去加深对新知识、新方法的理解。在与已有知识联系的同时也要注意它们的区别,前后比较,融会贯通。

前面提到的本章知识的四个方面是学习过程中的重点,其中,曲线运动的一般性质属于定性的知识,要注意理解和记忆;运动的合成和分解属于方法上的问题,应以掌握方法为目的,要抓住典型问题,认真体会和揣摩,靠死记硬背是不行的;平抛运动的规律公式及圆周运动的向心力公式则属于规律性的知识,要在掌握其来历和含义的基础上灵活去运用,并进一步掌握、领会其运用的方法和技巧。

教材中对本章知识的叙述比较突出地体现了物理学研究问题的方法,即在观察的基础上用实验证明或从理论上论证——理论和实验相结合的方法,这一点也希望同学们在学习的过程中予以充分注意、认真体会,从而树立科学的世界观和科学地认识问题的方法。

### 三、高考热点

本章知识的四个方面都是高考经常涉及的热点,尤其是平抛运动的规律公式和圆周运动的向心力公式更是历年高考必考的热点。同时,平抛运动的规律公式和圆周运动的向心力公式也是学习后续课程的基础;运动的合成和分解的方法在后续课程的学习过程中也会常常用到。





## 第一节 曲线运动

### 主干知识梳理

曲线运动的定义 \_\_\_\_\_  
 曲线运动- 曲线运动的速度方向及加速度 \_\_\_\_\_  
 物体做曲线运动的条件 \_\_\_\_\_

### 知识 规律 方法

### 巩固 提高 练习

#### 一 曲线运动的定义

1. 运动轨迹是曲线的运动叫做曲线运动, 曲线运动是比直线运动更普遍的运动形式, 如向水平方向抛出的物体, 到落地前的运动; 发射出去的导弹在空中的运动; 汽车转弯或通过凸形路面、凹形路面过程中的运动; 行星绕太阳的运动; 月球和人造卫星绕地球的运动都是曲线运动。

2. 曲线运动不仅比直线运动普遍, 也比直线运动复杂, 如做平抛运动的物体, 运动过程中不仅速度的大小在改变, 速度的方向也在不断变化, 运动过程中相对出发点的位移也是大小和方向都在变化。

#### 二 曲线运动物体的速度方向及加速度

##### 1. 速度方向的特点

在曲线运动中, 质点经过轨迹上某一点的瞬时速度方向 \_\_\_\_\_  
 ( ) 沿着该点上过该点的切线方向。

如在砂轮上磨刀具时, 刀具与砂轮接触处有火星沿砂轮的切线方向飞出, 这些火星是从刀具与砂轮接触处擦落的炽热的沙粒, 这些沙粒在被擦落之前随着砂轮的转动是做圆周运动的(即曲线运动), 擦落后由于惯性要保持原来的速度大小和方向, 擦落后我们看到沙粒都沿切线飞出, 这说明擦落后(即原来做圆周运动时)其速度方向就是沿圆周轨迹的切线方向的。

再如运动员掷链球时, 链球在运动员的牵引力作用下做曲线运动, 一旦运动员放手, 由于惯性, 链球即刻保持原来的速度方向飞出。放手的时刻不同, 链球飞出的方向也不一样, 但都沿着放手前圆周轨迹的切线方向, 这也说明放手前做曲线运动的速度方向是沿切线方向的。

##### 2. 曲线运动的物体一定具有加速度

前面已经证明做曲线运动的物体的速度方向时刻沿着轨迹的切线方向, 因为曲线上不同点的切线方向是不同的, 所以做曲线运动的物体的速度方向是不断变化的, 又因为

1. 汽车以恒定的速率在起伏不平的山路上行驶, 是否为匀变速运动? 为什么?

2. 汽车以恒定的速率绕圆形广场运行一圈历时 2 min, 汽车运行半圈时, 速度方向改变 \_\_\_\_\_ 度; 每运行 10 s 速度方向改变 \_\_\_\_\_ 度。

3. 下列关于质点做曲线运动的说法正确的是( )。

- 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. 曲线运动轨迹上任一点的切线方向就是质点经过这一点时的瞬时速度方向  
 D. 有些曲线运动也可能是匀速运动

4. 关于做曲线运动的物体的速度和加速度, 下列说法正确的( )。

- A. 速度方向不断改变, 加速度方向不断改变  
 B. 速度方向不断改变, 加速度一定不为零  
 C. 加速度越大, 速度的大小改变得越快  
 D. 加速度越大, 速度的方向改变得越快

5. 物体做曲线运动时, 一定变化的物理量是( )。

- A. 速率    B. 速度    C. 加速度    D. 合外力

6. 举出物体在竖直面内做曲线运动的两个实例, 并分别说明它们的速度方向变化的原因。

- (1) \_\_\_\_\_  
 (2) \_\_\_\_\_

7. 举出物体在水平面内做曲线运动的两个实例, 并分别说明它们的速度方向变化的原因。

- (1) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_





速度是矢量,速度的方向变化即速度在变化,所以曲线运动一定是变速运动,即曲线运动一定有加速度。

加速度是矢量,曲线运动的加速度的方向通过反证法即可证明,我们已经知道变速直线运动的加速度方向一定和速度方向相同或相反,那么非变速运动(即曲线运动)的加速度方向就一定和速度的方向不在同一条直线上。

总之,曲线运动一定是变速运动,一定有加速度,且加速度的方向和速度的方向不在同一直线上。

### 三 物体做曲线运动的条件

学过牛顿运动定律之后我们已经知道,当物体所受的合外力的方向与速度方向相同时,物体做加速直线运动,当物体所受合外力的方向与速度方向相反时,物体做减速直线运动,当物体所受的合外力的方向与速度方向成钝角时,不相反,即不在一条直线上,物体一定做曲线运动。

如图 5-1-1 所示,给铁球一个初速度,它将在水平桌面上做直线运动,如果在它的轨迹的旁侧放一块磁铁,再沿同样方向给铁球一个初速度,则会发现铁球向靠近磁铁一侧做曲线运动,这是由于铁球受到磁铁的吸引力不是沿铁球的速度方向的缘故。

再如图 5-1-2 甲,抛出去的石块做曲线运动是因为受到的合力即重力和速度方向不在一条直线上的缘故;如图 5-1-2 乙,地球绕太阳做圆周运动是因为太阳对地球的引力和地球的公转速度方向垂直的缘故。

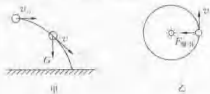


图 5-1-1



图 5-1-2

观察各种曲线运动的合外力方向,我们会得到物体做曲线运动的条件是:合外力的方向跟速度的方向不在同一条直线上。

在理论上,牛顿第二定律已经指出物体的加速度方向总与受到的合外力方向相同,因此,只要能证明曲线运动的加速度方向与速度方向不在一条直线上,就可以肯定合外力的方向和速度的方向一定不在同一直线上,反之亦然。

**例 1** 做平抛运动的物体,运动过程中速度的大小和方向都不断变化,把物体在运动过程中受到的重力向速度方向和垂直速度方向分解后,分别说明其速度大小和方向变化的原因。

(2) \_\_\_\_\_

8. 如图 5-1-1 所示,一个在两个外力共作用下做曲线运动的物体,从 A 运动到某一点 B 时,突然撤掉一个外力  $F_2$ ,而只受到图示方向的外力  $F_1$  作用,则此后物体的运动轨迹可能是( )。
- A. 轨迹① B. 轨迹②  
C. 轨迹③ D. 轨迹④

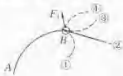


图 5-1-1

9. 下列说法正确的是( )。
- A. 物体在变力作用下有可能做直线运动  
B. 物体在变力作用下一定做曲线运动  
C. 物体在恒力作用下有可能做曲线运动  
D. 运动物体在恒力作用下一定做直线运动
10. 质量为  $m$  的物体受到两个互成角度的恒力  $F_1$  和  $F_2$  的作用,若物体由静止开始运动,则它将做\_\_\_\_\_运动;若物体运动一段时间后撤去一个外力  $F_1$ ,物体继续的运动是\_\_\_\_\_运动。
11. 关于合外力对物体速度的影响,下列说法正确的是( )。
- A. 如果合外力方向跟物体速度的方向成锐角,物体的速度将要增大,物体的速度方向也要改变  
B. 如果合外力方向跟物体速度的方向成钝角,物体的速度将要减小,物体的速度方向也要改变  
C. 如果合外力方向跟物体速度的方向在同一条直线上,物体的速度大小改变,但方向不会改变  
D. 如果合外力方向总跟物体速度的方向垂直,物体的速度大小不变,方向改变

12. 如图 5-1-2 所示,在 A 点将小球释放,当小球运动到最低点 B 时,关于小球受到的重力和绳上的拉力大小的关系,以下说法正确的是( )。
- A.  $T > G$  B.  $T = G$   
C.  $T < G$  D. 无法判断



图 5-1-2

13. 物体受几个力的作用而做匀速直线运动,若突然撤去其中某一个力,它可能做( )。
- A. 匀速直线运动 B. 匀加速直线运动  
C. 匀减速直线运动 D. 曲线运动
14. 如图 5-1-3 所示,一个沿曲线 ABC 做曲线运动的物体,经过 B 点时受的合外力方向可能是图中( )。
- A. a 所示的方向  
B. b 所示的方向  
C. c 所示的方向  
D. d 所示的方向

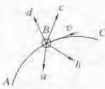


图 5-1-3

15. 在图 5-1-3 中,若此时物体的速度大小正在减小,则此时合外力的方向一定沿\_\_\_\_\_所示的方向。



**解析** 在运动的初始阶段和接近地面时把物体受到的重力分解,如图 5-1-3 所示,在运动的初始阶段,因为重力沿速度方向的分力小,垂直速度方向的分力大,所以速度的大小变化慢,方向变化快(轨迹比较弯曲)。在接近地面的阶段,因为重力在速度方向的分力大,垂直速度方向的分力小,所以速度的大小变化快,方向变化慢(轨迹比较平直)。可见,曲线运动的速度大小变化的原因是合力沿速度方向的分量造成的,方向变化的原因是合力在垂直速度方向的分量造成的。

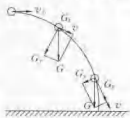


图 5-1-3

当合外力的方向和速度方向不在同一直线上时,合外力在垂直速度方向的分量一定不为零,所以速度方向一定变化,因此一定做曲线运动;当合外力的方向和速度方向相同或相反,即在同一直线上时,合外力在垂直速度方向的分量一定为零,所以速度方向一定不变,因此一定做直线运动。

16. 如图 5-1-4 所示,是抛出去的铁球的运动轨迹示意图, A、B、C 是轨迹上的点,在这三点上分别画出铁球的速度方向和受到的合力方向(不计空气阻力),并指出哪一点合力在垂直速度方向的分量最大。



图 5-1-4

## 第二节 运动的合成和分解



### 主干知识梳理

运动的合成和分解	有关概念	分运动、合运动
		运动的合成、运动的分解
	合运动和分运动的性质	
	运动的合成和分解方法的应用	

### 知识 规律 方法

### 巩固 提高 练习

一 运动的合成和分解的有关概念(参见教材中图 5-11 所示的演示实验)

#### 1. 合运动和分运动

物体实际发生的运动叫合运动,如红蜡块实际发生的运动(由 A 到 C)。

物体同时参与的那几个运动叫做分运动,如红蜡块在玻璃管中竖直向上的运动(由 A 到 B)和随玻璃管水平向右的运动(由 A 到 D)。

在一个具体问题中,判断哪个运动是合运动是很重要的,依据就是物体实际发生的那个运动是合运动,而分运动则是虚拟的。

1. 对于两个分运动与它们的合运动,下列说法正确的是( )。

- A. 合运动的速度一定大于两分运动的速度
- B. 合运动的速度一定大于其中一个分运动的速度
- C. 合运动的方向就是物体实际运动的方向
- D. 由两个分速度的大小可确定合速度的大小

2. 一条河水的流速是 3 m/s,一只小船的船头指向对岸,相对水的速度是 4 m/s。

(1) 求小船相对岸的速度大小和方向。

(2) 小船同时参与了哪两个分运动?(指出两个分运动各自的速度大小、方向和运动性质)



### 2. 合位移和分位移

合运动发生的位移叫合位移,分运动发生的位移叫分位移,如红蜡块的合位移是  $AC$ , 竖直分位移是  $AB$ , 水平分位移是  $AD$ .

### 3. 合速度和分速度

合速度即合运动的速度,分速度即分运动的速度,若合速度是指某一时刻合运动的瞬时速度,则与之对应的分速度就是指该时刻分运动的瞬时速度.

## 二 合运动和分运动的关系

**等效性:**通过矢量合成,由分运动的速度或位移求出的合速度或合位移,和直接由合运动的规律求出的合运动的速度和合运动的位移有完全相同的结果,即仅是方法和途径不同而已.

**独立性:**分运动中的某一个分运动不会因为另一个分运动的有无、方向、快慢等受到影响而改变自己的运动性质,如蜡块在玻璃管中向上做匀速运动,当玻璃管向右做匀速运动时,蜡块还是向上做匀速运动,且该分运动的速度大小和方向都不变.

**等时性:**合运动和分运动是同时开始,同时结束.如蜡块沿玻璃管向上运动(由  $A$  到  $B$ ) 的时间和玻璃管水平向右运动(由  $A$  到  $D$ ) 的时间及蜡块实际运动(由  $A$  到  $D$ ) 的时间都相等.

## 三 运动的合成

### 1. 运动的合成

已知分运动求合运动叫运动的合成,教材中图 5-11 所示的红蜡块的合位移是  $AC = \sqrt{AB^2 + AD^2}$ , 设合位移与水平方向的夹角为  $\theta$ ,  $\tan \theta = \frac{AB}{AD}$ .

### 2. 运动的分解

把一个实际运动,依据研究问题的需要分解为两个虚拟的分运动,  $KN$  运动的分解,如初速度为  $v_0$  的匀加速直线运动,可看成沿同一方向的两个直线运动的合成:一个是速度为  $v_0$  的匀速直线运动,另一个是初速度为零的匀加速直线运动,竖直上抛运动可看成竖直方向上两个方向相反的直线运动的合成:一个是向上的匀速直线运动,另一个是向下的自由落体运动.

### 3. 运动的合成和分解的运算定理

运动的合成和分解是指位移  $s$ 、速度  $v$ 、加速度  $a$  的合成和分解,由于它们都是矢量,所以它们都遵守矢量的合成和分解的平行四边形定则.

如果各分运动都在同一(直线)上,我们就取该直线上的一方向作为正方向,把矢量运算简化为标量运算,即同向

(3)若河的宽度为 100 m,求小船的渡河时间和渡河过程中小船在平行河岸方向的位移.

3. 船身垂直河岸航行,船相对于水的速度是恒定的,船抵达对岸需要的时间为  $t_1$ ,若其他条件不变,河水流速变大,船抵达对岸需要的时间为  $t_2$ ,则两次时间相比较( ).

A.  $t_1 > t_2$  B.  $t_1 = t_2$  C.  $t_1 < t_2$  D. 无法比较

4. 关于运动的合成与分解,下列说法正确的是( ).

A. 两个做直线运动的合位移一定比分位移大  
B. 运动的合成和分解都遵守平行四边形定则  
C. 两个分运动总是同时进行的  
D. 某个分运动的规律不会因另一个分运动的变化而改变

5. 如果把初速度是  $v_0$  的竖直上抛运动看成竖直向上,速度是  $v_0$  的匀速直线运动和竖直向下的自由落体运动两个相反方向的直线运动的合成,那么:

(1)  $t$  时刻向上的分运动的速度是\_\_\_\_\_, 向下的分运动的速度是\_\_\_\_\_,  $t$  时刻向上的合速度是\_\_\_\_\_.

(2)  $t$  时刻向上的分运动的位移是\_\_\_\_\_, 向下的分运动的位移是\_\_\_\_\_,  $t$  时刻向上的合位移是\_\_\_\_\_. ( $t$  小于抛出到落地的总时间)

6. 汽车以  $10 \text{ m/s}$  的初速度及  $2 \text{ m/s}^2$  的加速度向右做匀减速运动,该过程可认为汽车一边以  $10 \text{ m/s}$  的速度向右做匀速直线运动,一边从静止开始以  $2 \text{ m/s}^2$  的加速度向左做匀加速运动,当两个分运动的速度大小相等时,意味着汽车的合速度为零,即停止,求:

(1) 汽车从开始减速到静止的时间;

(2) 该过程中向右匀速分运动的位移的大小和方向;向左的加速分运动的位移大小和方向;

(3) 总位移的大小和方向.

7. 雨滴由高层建筑的屋檐边自由下落,遇到水平方向吹来的风,关于雨滴的运动,下列判断正确的是( ).

A. 风速越大,雨滴下落的时间越长  
B. 无论风速多大,雨滴下落的时间不变  
C. 风速越大,雨滴落地时速度越大  
D. 无论风速多大,雨滴落地时速度不变



相加,反向相减。

【例1】(多选)物体以一定的初速度沿光滑斜面向上运动,当物体速度为零时,立即返回,然后用数学方法求出合速度或合位移。

**例2** 如在教材中图5-11所示的实验中,玻璃管长90 cm,红蜡块沿玻璃管匀速竖直向上运动,同时匀速水平移动玻璃管,当玻璃管水平移动了80 cm时,红蜡块到达玻璃管的另一端,整个过程所用的时间为20 s,求红蜡块运动的实际速度。

**解析** 红蜡块沿玻璃管匀速竖直向上的运动和玻璃管水平的移动是两个分运动,这是一个已知分运动求合运动的问题,分运动和合运动所用的时间是相等的,可先求出合位移的大小,再算出合速度,也可以先分别求出分运动的速度,再求合速度,如图5-2-1所示。



图5-2-1

**解法一** (直接由合运动求合速度)

根据平行四边形定则求合运动的位移是

$$AC = \sqrt{AB^2 + AD^2} = \sqrt{0.9^2 + 0.8^2} \approx 1.2 \text{ m}$$

所以合速度的大小为

$$v = \frac{AC}{t} = \frac{1.2}{20} = 6.0 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

合速度的方向与合位移的方向相同,与水平方向的夹角 $\theta$ 的正切值是 $\tan \theta = 9/8$ 。

**解法二** (由运动的合成求实际速度)

竖直分运动的速度是

$$v_y = \frac{0.9}{20} = 0.045 \text{ m/s}$$

水平分运动的速度是

$$v_x = \frac{0.8}{20} = 0.04 \text{ m/s}$$

所以合速度是

$$v = \sqrt{0.045^2 + 0.04^2} \approx 6.0 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

合速度和水平方向间夹角的正切值是

$$\tan \theta = \frac{0.045}{0.04} = 9/8$$

**例3** 飞机以300 km/h的速度斜向上飞行,方向与水平方向成 $30^\circ$ 角,求水平方向的分速度 $v_x$ 和竖直方向的分速度 $v_y$ 。

**解析** 飞机斜向上飞行的运动可看成一边沿水平方向运动,一边沿竖直方向向上运动,即把飞机的运动分解为两个分运动,如图5-2-2所示,把 $v = 300 \text{ km/h}$ 分解,就可以求得分速度。

$$v_x = v \cos 30^\circ \approx 260 \text{ km/h}$$

$$v_y = v \sin 30^\circ = 150 \text{ km/h}$$

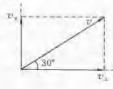


图5-2-2

8. 某人乘小船以一定的速率垂直河岸向对岸驶去,当水流匀速时,关于他过河所需时间,发生的位移与水流速度关系的说法正确的是( )。

- A. 水的流速小,位移小,时间短
- B. 水的流速大,位移小,时间短
- C. 水的流速大,位移大,时间不变
- D. 位移和时间与流速无关

9. 一架飞机沿仰角 $30^\circ$ 方向斜向上方做匀加速直线运动,初速度是 $100 \text{ m/s}$ ,加速度是 $10 \text{ m/s}^2$ , $t = 4 \text{ s}$ 时间内飞机在竖直方向上升的高度是\_\_\_\_\_,在竖直方向获得的速度是\_\_\_\_\_。

10. 竖直放置的两段封闭的玻璃管中注满清水,内有一个红蜡块能在水中以 $0.1 \text{ m/s}$ 的速度匀速上浮,现当红蜡块从玻璃管的下端匀速上浮的同时,使玻璃管水平向右运动,测得红蜡块实际运动方向与水平方向的夹角为 $30^\circ$ ,(参见教材图5-11)。若玻璃管的长度为 $1.0 \text{ m}$ ,则当红蜡块从玻璃管的底端上浮到顶端的过程中,玻璃管水平运动的距离约为( )。

- A.  $1.0 \text{ m}$
- B.  $2.0 \text{ m}$
- C.  $1.7 \text{ m}$
- D.  $0.5 \text{ m}$

11. 如果两个分运动的速度大小相等,且为定值,则下列叙述正确的是( )。

- A. 当两个分速度间夹角为零时,合速度最大
- B. 当两个分速度间夹角为 $90^\circ$ 时,合速度最大
- C. 当两个分速度间夹角为 $120^\circ$ 时,合速度大小与每个分速度大小相等
- D. 当两个分速度间的夹角大于 $120^\circ$ 时,合速度的大小一定小于分速度的大小

12. 关于运动的合成和分解,下列说法正确的是( )。

(提示:题中没有规定两个分运动之间的夹角)

- A. 物体的两个分运动是直线运动,则它们的合运动一定是直线运动
- B. 若两个分运动分别是匀速直线运动和匀加速直线运动,则合运动可能是直线运动
- C. 合运动和分运动具有同时性
- D. 速度、加速度和位移的合成都遵守平行四边形定则

13. 关于两个分运动的合运动的性质,下列说法正确的是( )。

- A. 两个直线运动的合运动一定是直线运动
- B. 两个匀速直线运动的合运动一定是匀速直线运动
- C. 两个初速度为零的匀加速直线运动的合运动一定是直线运动
- D. 不沿同一直线的匀速直线运动和匀加速直线运动的合运动一定是曲线运动



### 例3 合运动的性质和轨迹的判断

#### 1. 合运动是否为匀速直线运动的判断方法

只要判断合速度的大小和方向、合加速度的大小和方向是否都为恒量即可。若合速度的方向与合外力方向在同一直线上，则为直线运动。

#### 2. 合运动是否为匀变速运动的判断方法

只要判断合加速度的大小和方向是否都不随时间变化。

#### 3. 合运动是否为直线运动的判断方法

只要判断合速度的方向是否始终与同一恒定不变的加速度方向在同一直线上。不随时间变化则是直线运动，随时间变化则是曲线运动，或判断合速度方向与合外力方向是否在同一直线上。

**例4** 一个运动的物体，它的水平分运动是匀速直线运动，速度是  $v$ ，竖直分运动是从静止开始的匀加速运动，加速度是  $a$ ，证明其合运动是匀变速曲线运动。

**证明** 设  $t$  时刻的合加速度是  $a_t$ ，

$$\text{则有 } a_t = \sqrt{0^2 + a^2} = a$$

又因为水平方向的加速度为零，所以合加速度的方向总是竖直向下，即合加速度的大小和方向都不变，是个恒量，所以合运动是匀变速运动。

再设  $t$  时刻的水平速度是  $v_x$ ，竖直速度是  $v_y$ ，合速度方向和水平方向的夹角为  $\alpha$ ，则由两个分运动的性质可得

$$v_x = v, v_y = at, \tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{at}{v}$$

显然角  $\alpha$  随时间变化，所以合运动一定是曲线运动。

综合以上两点得出结论：合运动是匀变速曲线运动。

**例5** 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，下列说法正确的是( )。

- 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. 以上都不对。

**解析** 设两个运动的合初速度为  $v_0$ ，合加速度为  $a$ ，当  $v_0$  和  $a$  方向重合时，合运动是直线运动；当  $v_0$  和  $a$  方向不重合时，合运动是匀变速曲线运动。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，所以不能具体确定合速度的方向能否与合加速度的方向重合（即沿同一直线），所以 A、B 两种情况都可能出现，正确选项为 C。

答案 C

14. 某人站在电梯上不动，经时间  $t_1$  由一楼升至二楼，如果自动扶梯不动，人从一楼走到二楼的时间为  $t_2$ ，现在扶梯正常运动，人也保持原速率沿扶梯向上走，则人从一楼到二楼的时间是( )。

A.  $t_2 - t_1$     B.  $\frac{t_1 t_2}{t_2 - t_1}$     C.  $\frac{t_1 t_2}{t_2 + t_1}$     D.  $\frac{\sqrt{t_1^2 + t_2^2}}{2}$

15. 一只小船以恒定的加速度在垂直于河岸的方向上由静止开始运动，船头始终与两平行河岸垂直，设河水流速处处相同，如题图 5-2-1 所示，则小船过河运动的轨迹可能是图中的( )。



题图 5-2-1

16. 一个物体在水平面内运动，把它的实际运动分解成向东和向北两个分运动，已知两个分运动都是匀变速运动，向东和向北两个分运动的初速度之比是  $v_{0x} : v_{0y} = 2 : 1$ ，两个分运动的加速度之比也是  $a_x : a_y = 2 : 1$ ，证明这个物体的实际运动（合运动）一定是匀变速直线运动（提示：先证明是匀变速，再证明是直线）



## 习题课

### ★ 要点概述

运动的合成和分解作为研究运动学问题的重要方法,尤其是研究复杂的运动学问题时更能显示其有效性.本节习题课重点以小船渡河为例,学习如何运用合成和分解的方法去解决实际问题.

### 知识 规律 方法

### 巩固 提高 练习

#### 一 小船渡河问题中的几个有关概念

##### 1. 河水的流速 $v_{\text{水}}$

河水是流动的,其流动的速度方向是平行于河岸指向下游,其参考系是地面,一般用  $v_{\text{水}}$  表示.

##### 2. 船相对水的速度

一般也说是船在静水中的速度,即水不流动时船的速度,它的方向是沿着船头的指向和下游与岸的夹角可以取  $0^\circ \sim 180^\circ$  之间的任何值,一般用  $v_{\text{船}}$  表示.

##### 3. 船的实际速度

船的实际速度也就是船相对岸的速度,一般用  $v_{\text{实}}$  表示.

#### 二 基本规律 ( $v_{\text{实}}$ 、 $v_{\text{船}}$ 、 $v_{\text{水}}$ 三者的关系)

船在水中,当水不流动时,船将沿船头指向以  $v_{\text{船}}$  的速度大小运动;当船不开动时船将沿河岸向下游以  $v_{\text{水}}$  的速度大小随水运动.当水向下游流动,船相对水也运动时,船相当于同时参与两种运动,这时船的实际速度是水的速度和船相对水的速度两个分运动速度的矢量合成,即

$$v_{\text{实}} = v_{\text{水}} + v_{\text{船}} \quad (\text{注意:这里是矢量和})$$

**例1** 一条河水的流速是  $3 \text{ m/s}$ ,一条小船相对水的速度也是  $3 \text{ m/s}$ ,其船头指向与下游河岸成  $60^\circ$  角,求:

(1) 船相对岸的速度;

(2) 若河宽  $100 \text{ m}$ ,渡河过程中船顺河岸方向发生的位移.

**解析** (1) 根据  $v_{\text{实}}$ 、 $v_{\text{船}}$ 、 $v_{\text{水}}$  三者的关系,作出矢量合成图如图 1-1 所示,由几何关系可知实际速度的方向和下游河岸成  $30^\circ$  角.

$$\text{且 } v_{\text{实}} \sin 30^\circ = v_{\text{水}} = v_{\text{船}} \cos 30^\circ \times 2 = 3\sqrt{3} \text{ m/s.}$$

(2) 设顺着河岸方向的位移是  $x$ ,

$$\text{则有 } x = 100 \times \cot 30^\circ = 173 \text{ m}$$

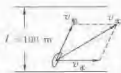


图 1-1

1. 一条河水的流速是  $2 \text{ m/s}$ ,一条小船相对水的速度也是  $2 \text{ m/s}$ ,其船头指向与上游河岸成  $60^\circ$  角.

(1) 用作图法(平行四边形定则或三角形定则)作图,求船相对岸的速度大小和方向.

(2) 用正交分解法求船相对岸的速度大小和方向.

(3) 若河宽  $100 \text{ m}$ ,求渡河过程中船顺河岸方向发生的位移.

方法一(根据作图法作出的图形求解);

方法二(用正交分解法求);

2. 利用飞机相对空气进行航空测量时,它的航线要严格的从西向东,如果飞机的速度是  $80 \text{ km/h}$ ,风从南向北吹来,风的速度为  $40 \text{ km/h}$ ,求:

(1) 飞机应朝哪个方向飞行;



**例2** 已知河水的流速是4 m/s,船在静水中的速度是5 m/s.为使船沿垂直河岸的方向到达对岸,求船头指向上游河岸之间的夹角和此时船的实际速度大小.

**解析** 根据题意,使船沿垂直河岸的方向到达对岸,即是要求合速度的方向指向对岸.根据矢量合成法,先作出 $v_{\text{水}}$ 的速度矢量,再作出 $v_{\text{船}}$ 的方向 $Oy$ (垂直河岸),然后以 $v_{\text{水}}$ 的末端 $A$ 为圆心,以5 m/s为半径画圆交 $Oy$ 于 $B$ 点,如图1-2所示,则图中的 $\theta$ 就是所求的船头指向上游河岸间的夹角, $OB$ 就是要求的实际速度大小.



图 1-2

由图可知  
 $\cos \theta = 0.8, \theta = 37^\circ, v_{\text{实}} = 5 \times \sin 37^\circ = 5 \times 0.6 = 3 \text{ m/s}$ .

**例3** 河水流速是4 m/s,船在静水中的速度是 $2\sqrt{3}$  m/s.

(1)该船能否垂直河岸到达对岸?

(2)求船的实际速度与下游河岸的最大夹角和此时的船头指向.

**解析** (1)按照上例的作图法可知,无论船头指向什么方向都不能使合速度的方向垂直河岸指向对岸,所以该船不能垂直河岸到达对岸.

(2)根据矢量合成的三角形作图法,将 $v_{\text{水}}$ 和 $v_{\text{船}}$ 首尾相连后,船的合速度即实际速度,应该由 $v_{\text{水}}$ 的起点指向 $v_{\text{船}}$ 的末端,所以可按下述方法作图:以 $v_{\text{水}}$ 的末端 $A$ 为圆心,以 $2\sqrt{3}$  m/s为半径画圆,然后再从 $v_{\text{水}}$ 的起点作圆的切线与圆相切于 $D$ ,则 $OD$ 就是所求得合速度方向,如图1-3,设船的实际速度与下游河岸的最大夹角为 $\theta$ ,由

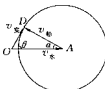


图 1-3

$$\sin \theta = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}} = \frac{2\sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{2}, \theta = 60^\circ$$

此时船头指向上游河岸成的角为 $\alpha = 30^\circ$ .

### 3 用正交分解法求解船过河问题的方法

如图1-4所示,设船头指向上游河岸成 $\theta$ 角,把 $v_{\text{船}}$ 向平行河岸方向和垂直河岸方向分解得

$$v_{\text{船}x} = v_{\text{船}} \cdot \cos \theta \quad (\theta > 90^\circ$$

时, $v_{\text{船}x}$ 为负值)

$$v_{\text{船}y} = v_{\text{船}} \sin \theta$$

船在平行河岸方向和垂直河岸方向的合速度是

$$v_x = v_{\text{船}x} + v_{\text{水}} = v_{\text{船}} \cdot \cos \theta + v_{\text{水}}$$

$$v_y = v_{\text{船}y} = v_{\text{船}} \sin \theta$$

再由勾股定理得船的实际速度大小是

$$v_{\text{实}} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

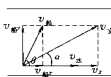


图 1-4

(2)如果所测地区长达82 km,所需时间是多少.

3. 已知一条河的宽度是75 m,河水的流速是2 m/s,下游某处是危险区,一个人在距下游危险区100 m处下水.

(1)若能安全渡过此河,他在静水中的游泳速度至少是多少?他游泳时的方向应与上游河岸成多少度角?

(2)为使渡河时间最短,他的游泳方向应与河岸成多少度角?为保证安全,此时他相对水的速度至少是多少?

4. (2001·全国)在抗洪抢险中,战士驾驶摩托艇救人,假设江岸是平直的,江水向下游流速是 $v_1$ ,摩托艇在静水中的速度是 $v_2$ ,战士救人的地点 $A$ 两岸边最近处 $O$ 的距离是 $d$ ,如果战士想在最短的时间内将人送上岸,则摩托艇登陆的地点距 $O$ 点的距离是( ).

- A.  $\frac{d v_2}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$     B. 零    C.  $\frac{v_1}{v_2} d$     D.  $d \frac{v_2}{v_1}$

5. 两列火车的速度分别是10 m/s和15 m/s,若两车相向而行时,第一列火车内的乘客看到第二列火车从他旁边经过的时间是6 s;若两车同向行驶时,第二列火车超过第一列火车时,这位乘客看到第二列火车从他旁边驶过的时间是( ).

- A. 1.2 s    B. 6 s    C. 15 s    D. 30 s

6. 某人划船顺流而下,某时刻草帽突然落水,经时间 $t$ 该人发现,立即掉转船头再经时间 $t'$ 赶到草帽,若不计掉头时间,且人划船速率不变,则( ).

- A.  $t < t'$     B.  $t > t'$     C.  $t = t'$     D. 无法判定

7. 河边有 $M, N$ 两个码头,它们在河岸的同侧,分别在上游和下游,一艘轮船相对水的航行速度恒为 $v_1$ ,水流速度恒为 $v_2$ ,若轮船在静水中航行的距离是 $MN$ 两点间的距离的2倍,所用的时间是 $t$ ,则( ).

- A. 轮船在 $M, N$ 之间往返一次的时间大于 $t$   
 B. 轮船在 $M, N$ 之间往返一次的时间小于 $t$   
 C. 若 $v_2$ 越小,往返一次的时间越短  
 D. 若 $v_2$ 越小,往返一次的时间越长







设船的实际速度方向和下游河岸之间的夹角为  $\alpha$ ,

$$\text{则有 } \tan \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

应用上述方法, 可得: 当船头指向与上游河岸成  $\theta$  角, 使艇水平位移为零, 即船头指向与上游河岸成  $\theta$  角时, 船的实际速度方向与下游河岸之间的夹角为  $\alpha$ .

因为渡河时间只决定于船在垂直河岸方向的速度  $v_y$ , 所以设河宽为  $l$ , 则有  $t = \frac{l}{v_y}$ ,  $x = v_x t$ .

**例 4** 一条河宽 120 m, 河水的流速是 3.5 m/s, 一艘快艇相对水的速度也是 10 m/s, 其船头指向与上游河岸成  $37^\circ$  角, 求:

- (1) 船相对岸的速度;
- (2) 渡河时间;
- (3) 渡河过程中船顺河岸方向发生的位移.

**解析** 如图 1-5 所示.

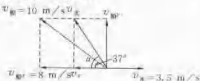


图 1-5

- (1)  $v_x = v_{船对岸} + v_{水} = v_{船} \cdot \cos 37^\circ - v_{水}$   
 $= 10 \times 0.8 - 3.5 = 4.5 \text{ m/s}$  (方向指向上游)
- $v_y = v_{船} \sin 37^\circ = 10 \times 0.6 = 6 \text{ m/s}$

$$v_{船对岸} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 7.5 \text{ m/s}$$

设实际速度与上游河岸夹角是  $\alpha$ ,

$$\text{则由 } \tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{6}{4.5} = \frac{4}{3}, \text{ 得 } \alpha = 53^\circ.$$

$$(2) t = \frac{l}{v_y} = \frac{120}{6} = 20 \text{ s}.$$

$$(3) x = v_x t = 4.5 \times 20 = 90 \text{ m}.$$

**例 5** 根据例题设条件, 求:

- (1) 求船渡河的最短时间;
- (2) 渡河位移最小时的船头指向.

**解析** 由  $t = \frac{l}{v_y} = \frac{l}{v_{船} \sin \theta}$  可知, 当  $\theta = 90^\circ$ , 即船头指向与河岸垂直时所用时间最短. 所以  $t_{\min} = \frac{l}{v_{船}} = \frac{120}{10} = 12 \text{ s}$ .

因为  $v_{船} > v_{水}$ , 所以船的实际速度可以指向对岸, 此时船渡河的实际位移最小, 应满足  $v_x = 0$ , 即

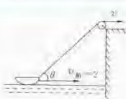
$$v_{船} \cdot \cos \beta - v_{水} = 0.$$

$$\cos \beta = \frac{v_{水}}{v_{船}} = \frac{3.5}{10} = 0.35$$

$$\beta = \arccos 0.35, \beta \approx 68^\circ$$

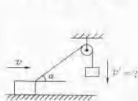
即船头指向和上游河岸成  $68^\circ$  角时, 船的实际速度指向对岸, 渡河位移最小.

8. 如图 1-1 所示, 湖中有一条小船, 岸边的人用绳跨过过一个定滑轮拉船靠岸. 若绳子被以恒定的速度  $v$  拉动, 绳子与水平方向成的角度是  $\theta$  时, 小船前进的瞬时速度多大? 船是否做匀变速直线运动? 为什么?

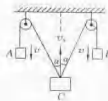


题图 1-1

9. 如图 1-2 所示, 木块在水平桌面上移动的速度是  $v$ , 跨过滑轮的绳子向下移动的速度  $v'$  是 \_\_\_\_\_. (绳与水平方向之间的夹角为  $\alpha$ )

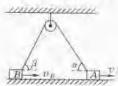


题图 1-2



题图 1-3

10. 如图 1-3 所示, A, B 以相同的速率  $v$  下降, C 以速率  $v_C$  上升, 绳与竖直方向夹角为  $\alpha$  时,  $v_C =$  \_\_\_\_\_.  
 11. 如图 1-4 所示, 重物 A, B 由不可伸长的跨过定滑轮的绳拴接置于图示位置, 现用外力水平向右拉 A, 当 A 的水平速度为  $v_A$  时, 两绳与水平面间的夹角分别为  $\alpha$  和  $\beta$ , 求此时 B 的速度  $v_B =$  \_\_\_\_\_.



题图 1-4



题图 1-5

12. 如图 1-5 所示, P 和 Q 两个小环用不可伸长的绳连接, 设 P 环向下的速度是  $v_P$ , Q 环向右的速度是  $v_Q$ , 当绳与竖直方向之间的夹角为  $\theta$  时, 求  $v_P$  和  $v_Q$  之间的关系.



#### 四 根据效果把速度分解

**例6** 如图 I - 6 所示, 物体  $m_2$  以速度  $v$  向右匀速运动, 且当滑轮右侧的绳与水平方向之间的夹角为  $\theta$  时, 求物体  $m_1$  上升的速度  $v_1$ .

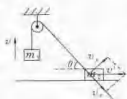


图 I - 6

**解析** 仔细观察可以发现, 物体  $m_2$  以速度  $v$  向右匀速运动, 产生两种效果, 一方面使滑轮右侧的绳沿着绳的方向伸长, 另一方面使滑轮右侧的绳绕滑轮逆时针旋转, 因此可以把  $v$  向着绳和垂直绳的方向分解成  $v_{\parallel}$  和  $v_{\perp}$ , 因为  $v_{\perp}$  与绳垂直, 所以对绳的速度没有影响, 所以物体  $m_1$  上升的速度等于  $v_{\parallel}$ , 即  $v_1 = v_{\parallel} = v \cos \theta$ .

可见  $v_1$  和  $v$  的关系还与夹角  $\theta$  有关, 随着  $\theta$  的减小,  $v_1$  逐渐增大, 即  $m_2$  向右匀速运动时,  $m_1$  是加速上升的.

13. 河水流速  $v$  一定, 船在静水中的速度为  $v'$ , 船从 A 点分别沿 AB, AC 运动到对岸, AB, AC 与过 A 点的河岸的垂线 AD 的夹角相等, 两次航行时间分别为  $t_1, t_2$ , 则 ( ).
- A.  $t_1 < t_2$       B.  $t_1 > t_2$   
C.  $t_1 = t_2$       D. 无法比较

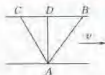


图 I - 1

### 第三节 平抛物体的运动

#### 主干知识梳理

平抛运动的定义  
平抛物体的运动: 平抛运动的研究方法  
平抛运动的规律及应用

#### 知识 规律 方法

#### 巩固 提高 练习

#### 一 平抛运动的定义

把物体沿水平方向抛出, 抛出后的运动过程中只受重力(不计空气阻力), 这样的运动就叫平抛运动.

因为平抛运动的合外力与重力同方向而与运动方向不同, 所以平抛运动是曲线运动. 如图 5-3-1 所示, 小球离开水平桌面后的运动就是平抛运动, 且由牛顿第二定律可知平抛运动是匀变速运动.

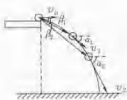


图 5-3-1

1. 平抛物体的运动规律可以概括为两点: ①水平方向做匀速运动; ②竖直方向做自由落体运动. 为了探究平抛物体的运动, 可做下面的实验: 如图 5-3-1 所示,

- 用小锤打击弹性金属片后, A 球水平飞出, 同时 B 球被松开做自由落体运动, 两球同时落到地面, 这个实验 ( ).
- A. 只能说明上述规律中的第①条  
B. 只能说明上述规律中的第②条  
C. 不能说明上述规律中的任何一条  
D. 能同时说明上述两条规律



图 5-3-1

2. 做平抛运动的物体, 在水平方向通过的最大距离取决于 ( ).
- A. 物体所处的高度和受到的重力  
B. 物体受到的重力和初速度  
C. 物体所处的高度和初速度  
D. 物体受到的重力, 所处的高度和初速度