



重难点手册

四千万学子的制胜宝典
★八省市名师的在线课堂
★十六年书业的畅销品牌

新课标

配人教版

高中物理2 (必修)

张立稳 主编

 华中师范大学出版社



重难点手册

配人教版

高中物理2 (必修)

主 编 张立稳

- ★四千万学
 - ★八省市名
 - ★十六年书业的畅销品牌
- 课堂 一宝典



NLIC2970687331



华中师范大学出版社

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

重难点手册——高中物理 2(必修)(配人教版)/张立稳 主编. —4 版.

—武汉:华中师范大学出版社,2009.11 (2010.3重印)

ISBN 978-7-5622-4025-9

I. 重… II. 张… 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(2009)第 128297 号

重难点手册——高中物理 2(必修)(配人教版)

主编:张立稳

责任编辑:胡小忠

责任校对:王 炜

封面设计:新视点

选题设计:第一编辑室(027-67867361)

出版发行:华中师范大学出版社©

社址:武汉市珞喻路 152 号

邮编:430079

销售电话:027-67867371

027-67867076

027-67863040

传真:027-67863291

邮购:027-67861321

网址:<http://www.ccnupress.com>

电子信箱:hscbs@public.wh.hb.cn

印刷:湖北恒泰印务有限公司

督印:章光琼

字数:354 千字

开本:880mm×1230mm 1/32

印张:11.25

版次:2009 年 11 月第 4 版

印次:2010 年 3 月第 3 次印刷

定价:18.80 元

欢迎上网查询、购书

敬告读者:为维护著作人的合法权益,并保障读者的切身利益,本书封面采用压纹制作,压有“华中师范大学出版社”字样及社标,请鉴别真伪。若发现盗版书,请打举报电话 027-67861321。

体例特色与使用说明

- **新课标：**贯彻新课标精神，定位新课标“三维”目标，贴近新课标高考大纲要求，注重学习规律和考试规律的整合，全面提升考试成绩和综合素质。
- **大突破：**突破传统的单向学习模式，将教材知识、拓展知识和隐性方法类知识植入新课堂，立体凸现学科知识结构和解题方法规律，破解高考“高分”瓶颈。

自主学习——教材导学，突出重点

以教材内容为蓝本，以落实基本知识、基本概念和基本规律为重点，梳理整合，引导自学，强化知识网络结构，实现认知快速有效迁移。

合作学习——问题释疑，突破难点

切中教材中的教学难点和疑点，以问题为主线，设问质疑、引发互动、激活思维、加深理解，从而释疑解难，真正提高辨析问题的能力与交流与合作的能力。

研究学习——方法展示，探究规律

以相关题型的问题求解为主线，引导思路、展示方法、探究规律，学会用一种方法解决一类问题，用多种知识和方法解决综合问题，切实提高分析解题能力，并掌握探究问题的一般方法。

创新学习——视野拓展，综合应用

以典型实例为依托，联系实际，创设情境，突出 STS 思想，体现学以致用。



第五章

曲线运动

5.1 曲线运动 质点在平面内的运动

自主学习——教材导学，突出重点

- 曲线运动的特点**
 - 质点做曲线运动的轨迹是曲线。
 - 质点在某点(或某时刻)的瞬时速度的方向就是运动轨迹在该点的切线方向，做曲线运动的质点，其速度的方向是时刻改变的。
- 曲线运动的性质**

运动状态的变化，不仅指速度的大小发生变化，也包括速度方向的变化。做曲线运动的物体，速度方向一定发生变化。因此，运动就一定具有加速度，所以曲线运动一定是变速运动。
- 物体做曲线运动的条件**
 - 当运动物体所受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。
 - 做曲线运动的物体所受合外力的方向与速度方向垂直时，合外力以改变速度的方向，而不改变速度的大小。
 - 当合外力的方向与速度方向平行时，合外力改变速度的大小，物体做直线运动。
 - 当合外力的方向与速度方向既不垂直也不平行时，物体速度的大小和方向都会改变。
 - 做曲线运动的物体加速度不等于零，加速度的方向跟它的速度方向不在同一直线上。

合作学习——问题释疑，突破难点

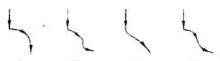
- 问题 1** 两个分运动的合运动，其合运动的性质怎样来决定？
解释 合运动的性质由分运动的性质来决定。
 (1) 两个匀速直线运动的合运动是匀速直线运动；
 (2) 两个初速度均为零的匀加速直线运动(加速度大小不同)的合运动是匀加速直线运动。

研究学习——方法展示，探究规律

- ◇◇研究曲线运动的基本方法◇◇
 1. 运动合成和分解的平行四边形法或三角形法
 如图 5-1-19 所示，人在船上匀速走动而船又在水平匀速航行，在单位时间内，如果船不动，人对岸的位移为 AC ；如果人不动，由于船航行造成人对岸的位移为 BC ，当两个位移同时存在时，在岸上的观察者所看到的人的合位移就是由平行四边形法求出的 AD 。平行四边形法还可用更简单的办法来代替，如

创新学习——视野拓展，综合应用

- 例 2** 物体由静止开始下落一小段时间后突然受一恒定水平风力的影响，但在落地前一瞬间风突然停止，则其运动轨迹可能出现的情况是图中的



解析 物体运动情况由受力情况及初始运动状态两个方面决定，另外

——新课标《物理重难点手册》新突破

- **讲实用：**完全同步于新教材，导—学—例—训四位一体，落实课程内容目标和考核能力要求，揭密高考解题依据和答题要求，破解重点难点。
- **大品牌：**十多年的知名教辅品牌，一千多万学子全程参与，十余万名物理教师的倾力实验，堪称学习规律与考试技术深度融合的奇迹，缔造着使用效果显著、发行量惊叹的神话。

达标评价——夯实基础，能力提升

以新课程标准为依据，精心设计符合新的课程标准要求的训练题，摒弃题海战术，控制训练层次，确保训练适度，旨在培养学生的学科思想和学科精神。

章末整合总结

对每章的重点、难点、考点知识和解题规律进行科学的梳理和提炼，优化知识结构，最新高考题例释，帮助您认识高考考查类型、角度和深度，全面提高复习和考试水平。

达标检测题

根据课程标准要求，按照高考题型设计，分章精选达标检测试题。自我检测，自我诊断，实现课程目标要求，在知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三个方面得到同步提升。

参考答案与提示

所有训练题、达标检测题均配有参考答案，中档题及难度较大的题都给出了提示或详解，便于自我诊断时参考。

达标评价——夯实基础，能力提升

力从基础

1. 下列关于曲线运动的几种说法中正确的是()。
- 曲线运动一定是变速运动
 - 变速运动一定是曲线运动
 - 曲线运动一定是变加速运动
 - 变加速运动一定是曲线运动

能力提升

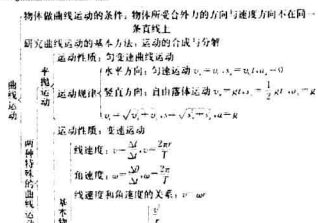
2. 下列关于曲线运动的描述中，正确的是()。
- 曲线运动可以是匀速运动
 - 曲线运动一定是变速运动
 - 曲线运动可以是匀变速运动
 - 曲线运动的加速度可能为零

体验高考——经典回放，全真感悟

1. (2005·上海高考) 如图所示的塔吊臂上有一可以沿水平方向运动的小车A，小车上装有垂直物体B的结构，在小车A与物体B以相同的水平速度沿臂方向匀速运动的同时，吊钩将物体B向上吊起，A、B之间的距离以 $s = H - 2t^2$ (SI) 表示国际单位制，式中H为吊臂离地面的高度(规律变

第五章章末整合总结

知识网络构建



规律方法整合

- 曲线运动及其研究方法
 - 曲线运动条件的理解
 - 从运动学角度来理解：物体的加速度方向与速度方向不在同一条直线上。
 - 从动力学角度理解：物体所受合外力的方向与物体的速度方向不在同一条直线上。具体有以下几种形式。

第五章达标检测题

(满分100分，时间90分钟)

一、选择题(每小题4分，共40分)

1. 匀速圆周运动的特点是()。
- 速度不变，加速度为零
 - 加速度不变，角速度为零
 - 速度与加速度都变化，物体所受合外力不变
 - 加速度大小不变，且始终与速度方向垂直



参考答案与提示

第五章 曲线运动

5.1 曲线运动 曲线运动中速度的描述

- 【1】 1.A 2.BC
3.C “汽车行驶所受阻力方向总与运动方向相反，因此，其合力总与速度不垂直，曲线运

《高中物理重难点手册》编委会

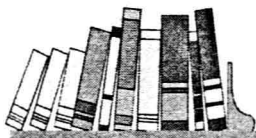
主 编	张立稳			
编 委	李毓洪	胡晓萍	许晓云	李国庆
	杨宇红	李玉白	杨辅斌	谭 永
	程 嗣	汪适中	高永山	柴晓莉
	程首宪	丁庆红	黄鼎三	邓永忠
	周望洲	李爱平	刘延松	梁依斌
	曾少平	许胜祥	陈乾坤	李双文

目 录

第五章 曲线运动	(1)
5.1 曲线运动 质点在平面内的运动	(1)
方法展示,探究规律	
◇◇◇研究曲线运动的基本方法◇◇◇	(8)
5.2 抛体运动的规律 实验:研究平抛运动	(18)
方法展示,探究规律	
◇◇◇平抛物体运动的解题方法与思路◇◇◇	(24)
5.3 圆周运动 向心加速度	(35)
方法展示,探究规律	
◇◇◇匀速圆周运动问题的描述及分析方法◇◇◇	(42)
5.4 向心力	(52)
方法展示,探究规律	
◇◇◇1. 匀速圆周运动的分析方法◇◇◇	(58)
◇◇◇2. 竖直平面内的圆周运动的分析方法◇◇◇	(59)
◇◇◇3. 圆周运动中的临界问题的分析方法◇◇◇	(60)
5.5 生活中的圆周运动	(67)
方法展示,探究规律	
◇◇◇运用圆周运动模型研究问题的方法◇◇◇	(74)
第五章章末整合总结	(86)
第五章达标检测题	(94)
第六章 万有引力与航天	(99)
6.1 行星的运动 太阳与行星间的引力	(99)
方法展示,探究规律	
◇◇◇开普勒运动定律的应用◇◇◇	(106)



6.2 万有引力定律	(112)
方法展示,探究规律	
◇◇重力变化问题的分析方法◇◇	(116)
6.3 万有引力理论的成就	(127)
方法展示,探究规律	
◇◇研究天体运动的基本思路◇◇	(133)
6.4 宇宙航行 经典力学的局限性	(145)
方法展示,探究规律	
◇◇人造卫星运行规律的分析方法◇◇	(161)
第六章章末整合总结	(171)
第六章达标检测题	(179)
第七章 机械能守恒定律	(183)
7.1 追寻守恒量 功 功率	(183)
方法展示,探究规律	
◇◇关于功的计算方法◇◇	(192)
7.2 重力势能 探究弹性势能的表达式	(204)
方法展示,探究规律	
◇◇关于弹簧功能问题的分析方法◇◇	(209)
7.3 实验:探究功与速度变化的关系 动能和动能定理	(218)
方法展示,探究规律	
◇◇动能定理的应用方法和技巧◇◇	(225)
7.4 机械能守恒定律 实验:验证机械能守恒定律	(243)
方法展示,探究规律	
◇◇机械能守恒定律应用的基本方法◇◇	(254)
7.5 能量守恒定律与能源	(271)
方法展示,探究规律	
◇◇应用功能关系解题的基本方法◇◇	(279)
第七章章末整合总结	(289)
第七章达标检测题	(302)
参考答案与提示	(307)



第五章

曲线运动

5.1 曲线运动 质点在平面内的运动



自主学习——教材导学,突出重点

1. 曲线运动的特点

- (1) 质点做曲线运动的轨迹是曲线.
- (2) 质点在某点(或某时刻)的瞬时速度的方向就是运动轨迹在该点的切线方向. 做曲线运动的质点,其速度的方向是时刻改变的.

2. 曲线运动的性质

运动状态的改变,不仅指速度的大小发生变化,也包括速度方向的改变. 做曲线运动的物体,速度方向一定发生变化,因此,运动就一定具有加速度. 所以曲线运动一定是变速运动.

3. 物体做曲线运动的条件

(1) 当运动物体所受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.

① 做曲线运动的物体所受合外力的方向与速度方向垂直时,合外力只改变速度的方向,而不改变速度的大小.

② 当合外力的方向与速度方向平行时,合外力改变速度的大小,物体做直线运动.

③ 当合外力的方向与速度方向既不垂直也不平时,物体速度的大小和方向都会改变.

(2) 做曲线运动的物体加速度不等于零,加速度的方向跟它的速度方向不在同一直线上.

想一想 某曲线滑梯如图5-1-1所示,人从滑梯上滑下时,在A、B、C、D各点的速度方向应为怎样?

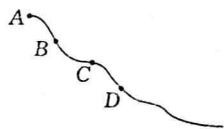


图5-1-1

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. 做曲线运动的物体所受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

导析 要正确判断此类问题,必须明确物体做曲线运动的条件.理解力和运动的关系,物体是否做曲线运动与物体所受的合外力是否改变无关,关键是看物体的运动方向与所受合外力的方向是否在同一直线上.

解答 当运动物体所受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,所以选项A、B正确.物体做曲线运动的决定因素是合外力与速度方向不在同一直线上,而不是恒力或变力.若合外力变化,则是变加速运动,若合外力不变,则是匀变速运动,所以选项C、D错误.本题的正确答案为A、B.

拓展 曲线运动一定是变速运动,因此曲线运动的加速度也一定改变.对吗? [答案:不对.]

例2 物体受到几个恒力的作用而处于平衡状态,若再对物体施加一个恒力,则物体可能做()。

- A. 静止或匀速直线运动
- B. 匀变速直线运动
- C. 曲线运动
- D. 匀变速曲线运动

导析 物体处于平衡状态,则原来几个力的合力一定为零,现受到另一恒力作用,物体一定做变速运动,故选项A错误.若物体原来静止,则现在一定做匀加速直线运动;若物体原来做匀速直线运动,且速度与恒力方向共线,则做匀变速直线运动(F 与 v 同向做匀加速运动, F 与 v 反向做匀减速运动),故选项B正确.若速度与力不在同一直线上,则物体做曲线运动,C正确.因为力是恒力,加速度也是恒定的,因此物体做匀变速曲线运动,D正确.

解答 由以上分析可知,本题正确选项为B、C、D.

拓展 一个质点受到大小分别为 F_1 、 F_2 且不在同一直线上的两个力

的作用,由静止开始运动一段时间后,保持两个力方向不变,让其中 F_1 突然增大到 $F_1 + \Delta F$, 则质点在此后做什么运动? [答案:匀变速曲线运动.]

4. 质点在平面内的运动

研究质点在平面内的运动时,可以选择平面直角坐标系. 在平面直角坐标系中,可以非常方便地确定质点的位置、运动的轨迹以及运动的速度等. 请参阅下面的探究实验:

1. 实验装置: 在一端封闭、长约 1 m 的玻璃管内注满清水,水中放一块红蜡做的小圆柱体 R , 将玻璃管口塞紧.

2. 实验过程

(1) 将这个玻璃管倒置(如图 5-1-2 所示),可以看到蜡块上升的速度大小不变,即蜡块做匀速直线运动.

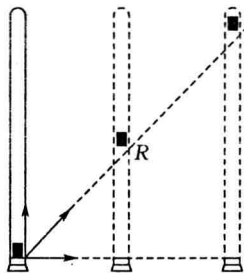


图 5-1-2

(2) 再次将玻璃管上下颠倒,在蜡块上升的同时将玻璃管向右匀速移动,观察研究蜡块的运动.

3. 实验分析

(1) 位置坐标

以开始时蜡块的位置为原点建立平面直角坐标系,如图 5-1-3 所示. 设蜡块匀速上升的速度为 v_y , 玻璃管水平向右移动的速度为 v_x , 从蜡块开始运动的时刻开始计时, 则 t 时刻蜡块的位置坐标 $P(x, y)$ 为:

$$\begin{cases} x = v_x t, & \text{①} \\ y = v_y t. & \text{②} \end{cases}$$

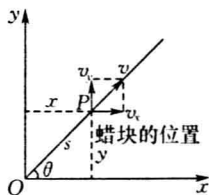


图 5-1-3

(2) 运动轨迹

在位置坐标 x 和 y 的表达式中, 消去时间 t , 可得

$$y = \frac{v_y}{v_x} x. \quad \text{③}$$



可见 $y = \frac{v_y}{v_x}x$ 是一条过原点的直线,说明蜡块的运动轨迹是直线.

(3) 蜡块的位移

$$\text{大小: } s = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad \text{④}$$

$$\text{方向: } \tan\theta = \frac{y}{x}. \quad \text{⑤}$$

(4) 蜡块的速度

$$\text{大小: } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \quad \text{⑥}$$

$$\text{方向: } \tan\theta = \frac{v_y}{v_x}. \quad \text{⑦}$$

4. 实验结论

蜡块的实际运动可分解为竖直向上(沿 y 方向)的运动和水平向右(沿 x 方向)的运动;或者是蜡块分别参与竖直方向和水平方向的两个分运动时,可以合成为一个实际的合运动.

5. 合运动和分运动

(1) 合运动: 物体实际发生的运动叫做合运动;

(2) 分运动: 物体实际发生的运动可以看成参与了几个独立的运动,这样的独立的运动叫做分运动;

(3) 运动的独立性原理: 物体的合运动和分运动是同时发生的,各个分运动是相互独立的,并且相互之间不产生影响;

(4) 合运动的位移叫合位移,分运动的位移叫分位移;合运动的速度叫合速度,分运动的速度叫分速度;合运动的加速度叫合加速度,分运动的加速度叫分加速度.

6. 运动的合成和分解

已知物体的分运动求合运动叫运动的合成,已知物体的合运动求分运动叫运动的分解.运动的合成和分解是解决曲线运动问题的基本方法,即较复杂的运动可以看做较简单的运动的合运动.必须明确:

(1) 运动的合成和分解遵循矢量合成和分解的平行四边形定则;

(2) 合运动一定是物体的实际运动,各分运动之间具有独立性和等时性,即分运动和它们的合运动是同时进行的,并且各个分运动之间是互不干扰的.

例 3 如图 5-1-4 所示,某人想乘竹筏从 A 点划到小河对岸的 B 点,却划到了对岸下游的 B' 点,请你探究分析其中的原因.

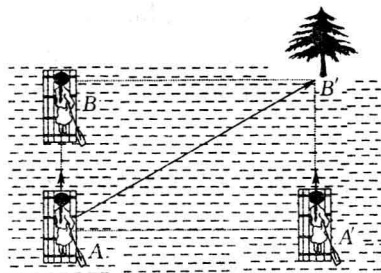


图 5-1-4

导析 分析物体在平面内的运动问题时,要明确物体参与了哪几个分运动,才能由运动的合成方法得到物体的实际运动情况。

解答 由于竹筏同时参与了两个分运动:竹筏向正对岸划行(由 A 到 B)和水流使竹筏漂向下游(由 A 到 A'),因此竹筏的实际运动即合运动应是由 A 到 B'。

拓展 你认为竹筏应怎样划行才有可能抵达正对岸呢? [提示:向水流上游偏离适当角度划行。]

例 4 关于运动的合成与分解,下列说法中正确的是()。

- A. 由两个分运动求合运动,合运动是唯一确定的
- B. 由合运动分解为两个分运动,可以有不同的分解方法
- C. 物体只有做曲线运动时,才能将这个运动分解为两个分运动
- D. 任何形式的运动都可以用几个分运动代替

导析 根据平行四边形定则,两个分运动的合运动就是以两个分运动为邻边的平行四边形的对角线,故 A 正确。而将合运动分解为两个分运动时,可以在不同方向上分解,从而得到不同的解,故 B 正确。任何形式的运动都可以分解,如竖直下抛运动可以分解成自由落体运动和匀速直线运动,故 C 不正确, D 正确。

解答 综合以上分析可知,本题正确选项为 A、B、D。

拓展 本题是从运动的合成与分解的关系来分析问题的,但对实际运动进行分解应怎样进行? [答案:按运动产生的实际效果进行分解。]



合作学习——问题释疑,突破难点

问题 1 两个分运动的合成,其合运动的性质应怎样来决定?



诠释 合运动的性质由分运动的性质来决定。

(1) 两个匀速直线运动的合运动是匀速直线运动；

(2) 两个初速度均为零的匀加速直线运动(加速度大小不同)的合运动是匀加速直线运动；

(3) 在同一直线上的两个匀变速直线运动的合运动是匀变速直线运动或匀速直线运动；

(4) 不在同一直线上的一个匀速直线运动和另一个匀变速直线运动的合运动是匀变速曲线运动；

(5) 不在同一直线上的两个匀变速直线运动的合运动,其性质由合加速度的方向与合初速度的方向的关系决定。

想一想 竖直上抛物体的运动可看做是由哪两个分运动合成的?

例 5 关于互成角度的两个初速不为零的匀变速直线运动的合运动,下列说法中正确的是()。

- 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

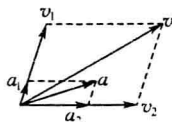


图 5-1-5

导析 判断物体是否做曲线运动,主要是判断合速度和合加速度是否在同一直线上,即运动方向与合外力方向是否在同一直线上。因此,本题分析问题,关键是判断出合初速度和合加速度的方向。

解答 两个运动的初速度合成、加速度合成如图 5-1-5 所示,当 a 和 v 重合时,物体做直线运动;当 a 和 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,所以以上两种情况都有可能,故正确答案为 C。

拓展 本题中如果两个初速不为零的匀变速直线运动的合运动仍然是匀变速直线运动,你能写出其运动规律的表达式吗?

问题 2 渡河问题是运动合成与分解的典型模型。在渡河问题中,有四个重要的极值规律,怎样用运动的合成和分解知识探究并证明?

诠释 渡河情景如下:一条大河,设河岸平直,船相对水的速度为 $v_{船}$ (即船在静水中的速度),水的流速为 $v_{水}$ (即水对地的速度),船的合速度为 v (即船对

地的速度,其方向就是船的航向),河的宽度为 L . 下面分别探究:

探究 1 当船头垂直河岸,即 $v_{\text{船}} \perp v_{\text{水}}$ 时,渡河时间最短,且渡河时间与水的流速无关.

证明 如图 5-1-6 所示,设船头与河岸的夹角为 α ,则渡河时间

$$t = \frac{L}{v_y} = \frac{L}{v_{\text{船}} \sin \alpha} \propto \frac{1}{\sin \alpha}.$$

当 $\sin \alpha = 1$, 即 $\alpha = 90^\circ$ 时,渡河时间最短,此时,

$$t_{\min} = \frac{L}{v_{\text{船}}}.$$

这里应该注意: 渡河时间与水的流速无关,水的流速只影响船下漂的距离,即

$$x = (v_{\text{水}} + v_{\text{船}} \cos \alpha)t = (v_{\text{水}} + v_{\text{船}} \cos \alpha) \frac{L}{v_{\text{船}} \sin \alpha}.$$

当 $\alpha = 90^\circ$ 时,下漂距离 $x = \frac{v_{\text{水}} L}{v_{\text{船}}}$.

探究 2 在 $v_{\text{船}} > v_{\text{水}}$ 的条件下,当船的合速度垂直河岸时,渡河位移最小,并等于河宽,即 $l_{\min} = L$.

证明 如图 5-1-7 所示,当合速度 v 的方向即船的航向垂直河岸时,船将到达正对岸,不会下漂,即 $x = 0$,位移最小为 $l_{\min} = L$. 这时,船头与河岸的夹角

$$\alpha = \arccos \frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}.$$

探究 3 在 $v_{\text{船}} < v_{\text{水}}$ 的条件下,当船头与船的合速度方向垂直,即 $v_{\text{船}} \perp v$ 时,渡河位移最小.

证明 如图 5-1-8 所示,当 $v_{\text{水}}$ 恒定不变, $v_{\text{船}}$ 的大小不变而方向变化时,根据矢量合成的三角形法则,合速度 v 的矢尖总是在以 $v_{\text{船}}$ 的大小为半径的圆周上;当 v 与圆相切,即 $v_{\text{船}} \perp v$ 时,下漂距离 x 所对应的 α 角最小,下漂距离最小,总位移 l 最小. 这时,船头应指向上游,与河岸的夹角即为 α ,其大小

$$\alpha = \arccos \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}}.$$

这时,最小下漂距离和最小位移分别为

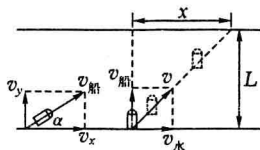


图 5-1-6

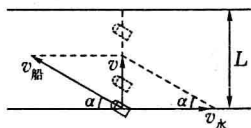


图 5-1-7

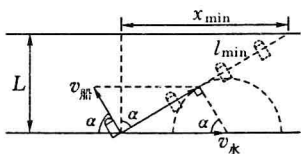


图 5-1-8

$$x_{\min} = L \tan \alpha, \quad l_{\min} = \frac{L}{\cos \alpha}.$$

探究 4 船沿指向下游的固定航线渡河,当船头与船的合速度垂直,即 $v_{\text{船}} \perp v$ 时,船相对水的速度最小,并等于水的流速沿垂直航线方向的分量。

证明 如图 5-1-9 所示,设航线 OA 与河岸的夹角为 α 。为了沿此航线到达对岸,首先必须保证合速度 v 的方向与航线重合。为了使船相对水的速度最小,在同样条件下消耗能量最少,只有船相对水的速度与水的流速沿垂直航向的分量等值反向,才能保证船在垂直航线方向的速度为零。所以,船相对水的最小速度

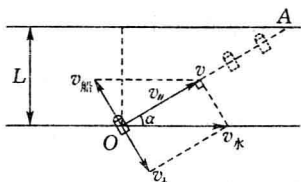


图 5-1-9

$$v_{\text{船}\min} = v_{\perp} = v_{\text{水}} \sin \alpha = \frac{v_{\text{水}} L}{OA}.$$

船渡河的速度 v 的大小就等于 $v_{\text{水}}$ 平行航线方向的分量,即 $v = v_{\text{水}} \cos \alpha$ 。此时,船沿航线方向的运动位移

$$l = vt = (v_{\text{水}} \cos \alpha)t.$$

通过对渡河问题的深入探究,不仅可以帮助我们加深对运动的合成与分解中相关问题的理解,同时也是提高我们探究问题能力的有效途径。



研究学习——方法展示,探究规律

◇◇研究曲线运动的基本方法◇◇

1. 运动合成和分解的平行四边形法或三角形法

如图 5-1-10 所示,人在船上匀速走动而船又在水中匀速航行。在某段时间内,如果船不动,人对岸的位移为 \vec{AB} ;如果人不动,由于船航行造成人对岸的位移为 \vec{AC} ,当两位移同时存在时,在岸上的观察者所看到的人的合位移就是由平行四边形法求出的 \vec{AD} 。平行四边形法还可用更简单的办法来代替,如图 5-1-11 所示,从 A 出发,把表示人对岸的两个分运动的位移 \vec{AB} 、 \vec{BD} 首尾相接画,则从 A 指向 D 的有向线段同样表示了人对岸的合运动的位移,这种方法叫运动合成的三角形法。

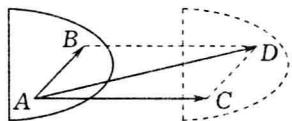


图 5-1-10

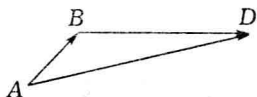


图 5-1-11

若人的两个分运动位移用 l_1 、 l_2 来表示, 合运动位移用 l 来表示, 则

$$l = l_1 + l_2.$$

速度和加速度的合成也可以按平行四边形法或三角形法表示, 即

$$v = v_1 + v_2, \quad a = a_1 + a_2.$$

2. 两个分运动合成的分类

(1) 两个同一直线上的运动的合成

两个分运动在同一直线上, 无论方向是同向的还是反向的, 无论是匀速的还是变速的, 其合运动一定是直线运动.

(2) 两个互成角度的分运动的合成

两个互成角度的匀速直线运动的合运动, 仍然是匀速直线运动; 两个互成角度的初速度为零的匀加速直线运动的合运动, 一定是匀加速直线运动; 两个互成角度的分运动, 其中一个做匀速直线运动, 另一个做匀变速直线运动, 其合运动一定是匀变速曲线运动(如后面要学到的平抛物体的运动). 所以说, 曲线运动一定是变速运动, 但可能是匀变速运动.

(3) 两个相互垂直的分运动的合成

如果两个分运动都做匀速直线运动, 且互成角度为 90° , 其分位移为 l_1 、 l_2 , 分速度为 v_1 、 v_2 , 则其合位移 l 和合速度 v 可以运用解直角三角形的方法求得, 如图 5-1-12 所示.

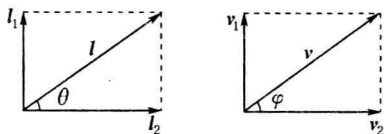


图 5-1-12

合位移的大小和方向分别为 $l = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}$, $\tan \theta = \frac{l_1}{l_2}$.

合速度的大小和方向分别为 $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$, $\tan \varphi = \frac{v_1}{v_2}$.

例 6 小船在 200 m 宽的河中横渡, 水流速度是 2 m/s, 小船在静水中的航速是 4 m/s. 求:

- (1) 要使小船渡河耗时最少, 应如何航行?
- (2) 要使小船航程最短, 应如何航行?
- (3) 若水流速度为 5 m/s, 小船的航速是 3 m/s, 则要使耗时最少应如何航行? 航程最短是多少?

导析 由问题释疑中对渡河问题的探究可知, 对于小船同时参与两个