

你缺少的不是机会，而是变换支点

首席教师

专题小课本

- 小方法大智慧
- 小技巧大成效
- 小单元大提升
- 小课本大讲坛

高中物理

曲线运动与机械能

总主编/钟山



中国出版集团 现代教育出版社

海阔凭鱼跃



方法赢得速度 选择决定未来

FANGFAYINGDESUDU XUANZEJUEDINGWEILAI

高中数学

1. 函数 2. 几何初步 3. 三角函数与三角恒等变换 4. 平面向量 5. 数列 6. 不等式 7. 圆锥曲线与方程 8. 导数及其应用 9. 空间向量与立体几何 10. 常用逻辑、推理与证明 11. 统计与概率 12. 算法、框图与复数 13. 数学思想与方法

高中物理

1. 力和直线运动 **2. 曲线运动与机械能** 3. 热运动与能量守恒 4. 波动与相对论 5. 电磁学(上) 6. 电磁学(下) 7. 动量守恒与微观粒子 8. 物理实验与探究 9. 物理思想与方法

高中化学

1. 电解质溶液 2. 化学反应与能量 3. 元素周期律与化学键 4. 化学反应速率与化学平衡 5. 元素与化合物 6. 物质结构与性质 7. 有机化学基础 8. 化学实验基础 9. 化学计算

猎狗与野兔

一次，威廉姆带猎狗去打猎，很快，猎狗就发现不远处有个目标——一只野兔正恐慌地逃跑，猎狗就追了上去。追了好长时间，猎狗还是没有将野兔抓住。

野兔心想：“如果不逃，我这一生就从此结束了。”而猎狗心里想：“追不到你也没有关系，最多是挨一顿骂，或饿一餐，也不至于会失掉性命。如果下次再让我遇到你，一定不会放过你。”

野兔是抱着“不成功便成仁”的决心。而猎狗抱着“这次不成功，以后还有机会”的想法。

最终，野兔逃掉了，猎狗筋疲力尽，空手而归。

一个在观念及行动上用足了十分心力，一个仅用了七八分心力。全身心的投入，才是走出一切困境的出路。



ISBN 978-7-80196-655-1



9 787801 966551 >

定价：14.80 元

责任编辑：郎咸杰 唐向阳

责任校对：马黎明

封面设计：书友传媒

图书在版编目(CIP)数据

首席教师专题小课本. 高中物理. 曲线运动与机械能 /
钟山主编. —北京: 现代教育出版社, 2008. 4
ISBN 978-7-80196-655-1

I. 首… II. 钟… 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 (2008) 第 038424 号

书 名: 首席教师专题小课本·高中物理—曲线运动与机械能
出版发行: 现代教育出版社
地 址: 北京市朝阳区安华里 504 号 E 座
邮政编码: 100011
印 刷: 北京市梦宇印务有限公司印刷
发行热线: 010-61743009
开 本: 890×1240 1/32
印 张: 8.5
字 数: 360 千字
印 次: 2008 年 4 月第 1 版 第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-80196-655-1
定 价: 14.80 元

目 录

首席寄语	(1)
单元提升篇	(3)
第一章 曲线运动	(3)
第一单元 运动的合成与分解、抛体运动	(4)
第二单元 圆周运动	(25)
第三单元 探究抛体运动	(48)
章末综合提升	(59)

方法·技巧·策略

曲线运动的合外力与速度变化的关系(4)/曲线运动概念的理解与辨析(5)/曲线运动性质的理解方法(6)/曲线运动条件的应用方法(7)/判断合运动性质及轨迹的方法(8)/小船过河问题的分析与求解方法(8)/根据运动的合成与分解求解平抛物体运动的方法(12)/曲线运动的条件及应用技巧(17)绳或杆相关联物体的运动的合成与分解问题的解法(18)/平抛运动的规律理解技巧(18)/类平抛运动的合成与分解问题解法(19)/多大角抛铅球最远(24)/圆周运动问题的解决方法(26)/皮带传动问题的解决方法(27)/竖直平面内圆周运动问题的处理方法(28)/处理火车转弯类问题的方法(30)/汽车过拱桥问题的处理方法(31)/临界问题的处理方法(32)/多解问题的处理方法(33)/描述圆周运动各物理量之间的关系的理解(34)/向心力来源分析(34)/圆周运动的动力学问题的分析与求解方法(40)/圆周运动与其他运动的结合分析技巧(40)/减小实验误差的方法(49)/没有记录抛出点问题的处理方法(49)/解答创新型设计实验问题的方法(50)/实验原理与实验数据的处理(53)

第二章 万有引力与航天	(73)
第一单元 万有引力与航天	(74)
章末综合提升	(100)

方法·技巧·策略

关于同步卫星——四个“一定”(75)/天体质量计算的几种方法(75)/天体密度的计算(77)/填补法的应用(78)/估算问题的思路与解答方法(78)/比例法的应用(79)/涉及重力加速度问题的处理办法(80)/处理双星问题的方法(81)/人造卫星的超重和失重问题的处理方法(82)/两星间距的极值与多解(83)/处理变轨问题的方法(83)/万有引力定律的适用条件(92)/开普勒三定律及其应用(92)/重力与万有引力的理解方法(93)/万有引力在航天学上的应用技巧(93)/人造卫星、宇宙速度的应用(94)/利用万有引力定律求解密度、角速度、速度等临界值问题(101)/利用万有引力定律解决最新科技信息题(102)

第三章 机械能及其守恒定律	(112)
第一单元 功和功率	(113)
第二单元 动能、动能定理	(136)
第三单元 重力势能 机械能守恒定律	(161)
第四单元 功能关系 能量守恒定律	(196)
第五单元 实验:验证机械能守恒定律	(214)
章末综合提升	(232)

方法·技巧·策略

正功和负功的判断方法(114)/恒力做功的计算方法(114)/变力做功的计算(115)/机车启动问题的分析方法(118)/功率的计算(128)/发动机的功率(129)/动能定理的理解及应用要点(137)/应用动能定理求变力的功(139)/应用动能定理处理动力学问题(141)/弹力做功的求法(变力做功的求法)(144)/应用动能定理时过程的选取方法(146)/动能定理中的合力做功的求解方法(146)/动能定理的应用技巧(154)/机械能守恒的条件(164)/机械能守恒定律的应用(166)/判断机械能守恒的方法(172)/机械能守恒定律应用的基本方法(172)/机械能守恒定律与圆周运动的结合(172)/机械能是否守恒的判断(184)/常见力做功与能量转化的对应关系(196)/能量耗散的方向性(197)/能的转化和守恒定律的应用技巧(197)/解决动力学问题的两个基本观点(198)/利用摩擦力做功的特点(208)/重锤下落 h_n 和瞬时速度 v_n 的测量方法(216)/不同的验证方法(221)/实验原理与数据处理(225)/实验原理的迁移(226)

专题提升篇**第一单元 专题思想方法****方法·技巧·策略**

平抛运动的特征及解题方法(245)/临界与极限方法求解圆周运动问题的方法(246)/常用变换 $GM=gR^2$ 的应用方法(247)/功能关系及能量守恒定律思想(248)/求变力功的方法(248)

第二单元 专题高考热点**方法·技巧·策略**

抛体运动(256)/圆周运动(256)/天体运动(257)/功能关系、机械能(259)

附 录



首席寄语

■专题导引

本专题共包含三部分内容:曲线运动、万有引力与航天、机械能守恒定律.

一、曲线运动是牛顿运动定律及运动学知识在曲线运动这种较为复杂情况下的具体运用.主要内容是运动的合成与分解、平抛运动和圆周运动.运动的合成与分解是研究曲线运动的基本方法.学好本章知识,将加深对速度、加速度、牛顿运动定律的理解,提高应用牛顿运动定律分析解决问题的能力.

二、万有引力与航天主要讲述了万有引力与航天的知识.万有引力定律是在哥白尼、伽利略、开普勒等天文学家研究成果的基础上,由牛顿运用动力学原理而发现的重要定律,它不仅能解释重力产生的原因,也能够解释行星和卫星运动的规律,它是天文学上研究各种天体运动规律的依据,它所揭示的万有引力是自然界中的四种基本相互作用之一,更重要的是它是航天技术、人造卫星等现代科学技术的理论基础.

三、机械能守恒定律是在牛顿运动定律的基础上通过引入功、能概念得出动能定理和机械能守恒定律.功能关系以及各种不同形式能的相互转化及守恒定律贯穿于全部物理学的始终,是物理学的基本规律之一,更是力学的核心内容.机械能概念和机械能守恒定律,是学习各种不同形式能的转化的起点,也是运动学知识的进一步综合和扩展.功和能的关系不仅为解决力学问题开辟了一条重要途径,同时也是分析解决电磁学、热学等物理现象的重要依据.运用能量观点去分析解决有关问题,可以不涉及整个过程的细节.既避免了直接用牛顿运动定律所遇到的困难,同时也简化了解题的步骤,在学习中要注意体会,应用牛顿运动定律和能量观点解决问题的不同之处.正是由于本章知识在物理学中占有如此重要的地位,在解决实际问题时才有如此重要的应用.

本专题所介绍的知识内容既是前面所学力的知识、运动学和牛顿运动定律的具体运用,又是今后学习动量、热学、电磁学的基础,在整个高中物理中占有相当重要的地位,是高中物理的重点内容.

■高考命题规律

纵观历年高考,与本专题有关的考题覆盖面宽,题型全,一题中要同时考查本章的几个知识点或与其他考点(如天体运动,带电粒子在电场、磁场或复合场中的运动)的综合,所以本专题是高考考查的重点,也是热点内容之一.其中随着我国“神舟”系列飞船的发射成功和对空间技术研究的不断深入,涉及航天、天体的考查会越来越来多,越来越热.高考对本专题考查的另一热点包括:功、功率、动能、重力势能、弹性势

能、动能定理、机械能守恒定律。其考查特点是：灵活性、综合性强，能力要求高，而且多与牛顿运动定律、圆周运动、动量以及电磁学、热学知识结合以综合题的形式出现。总之，针对本专题的考查，在高考中既可以单独命题，又可以与其他知识结合命题，是高考的重点、热点、必考点。希望同学们对本专题的学习给予高度重视。

■学习应试策略

1. 运动的合成与分解是后续学习的基本方法，是矢量运算的具体应用，学习中要特别注意理解运动的独立性和力的独立作用原理及二者之间的联系，并能够根据问题建立合理的便于计算的直角坐标系，灵活运用正交分解法，这种方法就如同力学中的正交分解法。

2. 平抛运动是运动的合成与分解的实际应用，注意两个正交的方向上的运动的独立性及其运动规律 $\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$ ，在数学上叫做参数方程， t 是联系两个方向上的运动的参数，即正交运动方向上的等时性。所以说两个方向上即是独立的又是相互联系的。

3. 圆周运动是另一典型的曲线运动，也是一种全新的运动形式，与前面的直线运动、平抛运动脱节较大，研究问题所用的物理量和方法也有较大区别，特别注意向心力、向心加速度、角速度的理解与应用。

4. 万有引力与航天是圆周运动的一个特例，只不过充当向心力的力是一种具有特殊表达形式的万有引力 $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 。

5. 在动能定理中，应明确功与动能的变化之间的关系，学会分析过程量与状态量的区别与联系。

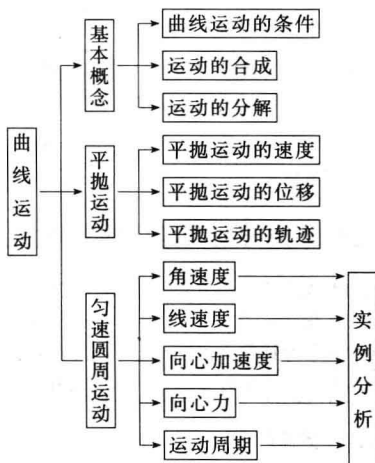
6. 机械能守恒定律是学生第一次深入接触物理学中的“守恒”思想，要注意理解机械能守恒的条件，而不能生硬的记住它。用机械能守恒定律解决实际问题是最最终的落脚点，并要在解决问题的过程中，不断深入理解机械能守恒的条件。

总之，本专题要求综合能力较高，既有物体的受力分析，又有物体的运动过程和能量转化过程的分析，还有实际应用的卫星问题。要求在学习这一专题时，要多角度理解问题，体会、感悟其中的内在道理，从而不断培养自己的综合分析能力、判断能力，灵活运用定律和定理讨论、分析、解释物理现象。

[单元提升篇]

第一章 曲线运动

本章概念图示



课程标准要求

	内容标准	活动建议
抛体运动与圆周运动	<p>(1) 会用运动合成与分解的方法分析抛体运动。 例1 分别以物体在水平方向和竖直方向的位移为横坐标和纵坐标,描绘做抛体运动的物体的轨迹。</p> <p>(2) 会描述匀速圆周运动,知道向心加速度。</p> <p>(3) 能用牛顿第二定律分析匀速圆周运动的向心力,分析生活和生产中的离心现象。 例2 估测自行车拐弯时受到的向心力。</p> <p>(4) 关注抛体运动和圆周运动的规律与日常生活的联系。</p>	<p>(1) 通过查找资料,对比实际弹道的形状与抛物线的差异,尝试做出解释。</p> <p>(2) 调查公路拐弯处的倾斜情况或铁路拐弯处两条铁轨的高度差异。</p>

第一单元

运动的合成与分解、抛体运动



1 曲线运动

曲线运动	定义	物体的运动轨迹是曲线的运动叫做曲线运动
	做曲线运动的条件	物体所受合外力的方向与它的速度方向不在同一直线上
		从运动学角度看,就是加速度方向与速度方向不在同一直线上
	速度	做曲线运动的质点,在某点(或某时刻)的瞬时速度方向,就是通过这一点(或该时刻)的曲线的切线方向
变速运动	质点在做曲线运动过程中,速度方向时刻在改变,所以曲线运动一定是变速运动	

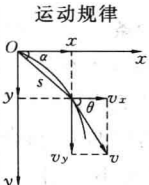
2 曲线运动的合外力与速度变化的关系

合外力的方向与速度方向的夹角为任意夹角时	速度的方向都将改变
合外力的方向与速度方向的夹角为锐角时	速率将增大
合外力的方向与速度方向的夹角为钝角时	速率将减小
合外力的方向与速度方向的夹角为直角时	速率大小不变

3 运动的合成与分解

运动的合成法则	描述运动的量有位移(x)、速度(v)、加速度(a),它们都是矢量,其合成法则都是平行四边形定则	
运动合成与分解	已知分运动求合运动,叫做运动的合成	分运动与合运动是一种等效替代关系,运动的合成和分解是研究曲线运动的一种基本方法
	已知合运动求分运动,叫做运动的分解	
运动的独立性	一个物体可以同时参与两种或两种以上的运动,而每一种运动都不因为其他运动的存在而受到影响,运动是完全独立的,物体的实际运动是这几个运动的合运动	
运动的等时性	各个分运动与合运动总是同时开始,同时结束,经历时间相等,不同时的运动不能合成	
运动等效性	各个分运动叠加起来与合运动有相同的效果	
运动的同一性	各分运动与合运动是指同一物体参与的分运动和实际发生的运动,不是几个物体发生的不同运动	

4 抛体运动

抛体运动	定义	将物体以一定的水平初速度抛出,只在重力作用下的运动,称为平抛运动		
	初速度	方向水平		
	加速度	加速度为重力加速度 g		
	轨迹	抛物线		
	运动性质	是匀变速曲线运动		
	运动规律	速度	位移	
	水平方向分运动 为匀速直线运动	$v_x = v_0$	$x = v_0 t$	
	竖直方向为匀加速 直线运动	$v_y = gt$	$y = \frac{1}{2} g t^2$	
	合运动	合速度大小: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$	合位移大小: $s = \sqrt{x^2 + y^2}$	
		合速度方向:与水平方 向夹角 θ , 则 $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x}$	合位移方向:与水平方 向夹角 α , 则 $\tan \alpha = \frac{y}{x}$	
定义	将物体以速度 v_0 沿斜向上方或斜向下方抛出,物体只在重力作用下的运动,称为斜抛运动			
运动规律	水平方向分运动 为匀速直线运动	$v_x = v_0 \cos \theta$	$x = v_0 \cos \theta t$	
设初速度方向与水 平方向夹角为 θ	竖直方向为匀 加速直线运动	$v_y = v_0 \sin \theta \pm gt$ 斜上取“-”号 斜下取“+”号	$y = v_0 \sin \theta t \pm \frac{1}{2} g t^2$ 斜上取“-”号 斜下取“+”号	



1 曲线运动概念的理解与辨析

所有物体的运动从轨迹的不同可以分为两大类,即直线运动和曲线运动。

例 1 2006 年的德国足球世界杯上,英格兰的场上队长贝克汉姆向世人展现了他那精准的脚步法,在绿茵场上画出了一道又一道优美的贝氏弧线。“贝克汉姆一剑封喉,厄瓜多尔打道回府”说的就是英格兰靠小贝那个近乎完美的任意球完成了对厄瓜多尔的致命一击,下列有关这个任意球的说法正确的是()

- 足球是直接飞向球门的,所以它做直线运动
- 球在空中的轨迹是一条弧线,所以它做曲线运动
- 足球做匀速运动
- 足球做变速运动

解:轨迹是曲线的运动就称为曲线运动,本题中的足球在空中飞行的实际轨迹是一条弧线,所以球做曲线运动.而做曲线运动的物体其速度方向时刻在改变,所以球做变速运动(变速曲线运动).其实本题中足球的速度大小也是在改变的,故本题选项 B、D 正确. 答案:BD

2 曲线运动性质的理解方法

(1)线速度是矢量,线速度的方向沿运动轨迹的切线方向.

(2)运动学特点:曲线运动一定是变速运动,即加速度一定不为零,按其加速度特点可分为:①加速度恒定(匀变速曲线运动),如平抛运动;②加速度变化(非匀变速曲线运动),如圆周运动.

(3)动力学特点:物体的运动情况是由其受力情况和初始条件共同决定的,要使物体做曲线运动,其条件为物体所受合力的方向跟它的速度方向不在同一直线上.而物体的加速度跟它的合力总是瞬时对应的,因此,做曲线运动的物体,其加速度方向跟它的速度方向也不在同一直线上,合力恒定时,物体的加速度亦恒定;合力发生变化时,加速度也同时发生变化.合力的切向分力用来改变速度大小,产生切向加速度;合力的法向分力用来产生法向加速度,改变速度方向.

例 2 精彩的 F1 赛事相信你不会陌生吧!在观众感觉精彩与刺激的同时,车手们却时时刻刻在紧张与危险之中.这不,车王在弯道上高速行驶的赛车后轮突然脱落,从而不得不遗憾地退出了比赛.关于脱落的后轮的运动情况,以下说法正确的是()

- A. 仍然沿着汽车行驶的弯道运动
- B. 沿着与弯道垂直的方向飞出
- C. 沿着脱离时轮子前进的方向做直线运动,离开弯道
- D. 上述情况都有可能

解析:赛车沿弯道行驶,任一时刻赛车上任何一点的速度方向,是赛车运动的曲线轨迹上对应点的切线方向.被甩出的后轮的速度方向就是甩出点轨迹的切线方向,车轮被甩出后,不再受到车身的约束,只受到与速度方向相反的阻力作用(重力和地面对车轮的支持力相平衡),车轮做直线运动.故车轮不可能沿车行驶的弯道运动,也不可能沿垂直于弯道的方向运动,故选项 C 正确.曲线运动中物体在某点的速度方向就是曲线上该点的切线方向. 答案:C

例 3 下列说法中正确的是()

- A. 做曲线运动物体的速度方向必定变化
- B. 速度变化的运动必定是曲线运动
- C. 加速度恒定的运动不可能是曲线运动
- D. 加速度变化的运动必定是曲线运动

解析:在曲线运动中,运动质点在任一点的速度方向,就是通过这一点的曲线的切线方向,所以曲线运动的速度方向一定变化,所以 A 正确;速度是矢量,既有大小又有方向,速度大小或方向其中一个变化或两个都变,速度就变化.若速度大小变化,方向不变,且速度方向与加速度方向在一条直线上,物体就做变速直线运动,故 B 不

正确；物体做曲线运动的条件是加速度方向与速度方向不在一条直线上，而不是加速度为恒量，C 不正确；加速度是矢量，既有大小又有方向，若加速度方向不变，仅是大小变化，且加速度方向与速度方向在一条直线上时，物体做变加速直线运动，所以 D 不正确。 答案：A

3 曲线运动条件的应用方法

(1) 由牛顿第二定律可知，物体的加速度 a 与所受合外力 $F_{\text{合}}$ 是瞬时对应关系， a 与 $F_{\text{合}}$ 的方向时刻相同，故从运动学的观点看，物体做曲线运动的条件是加速度 a 的方向与它的速度 v 的方向不在同一条直线上。

(2) 当 $F_{\text{合}}=0, v \neq 0$ 时，物体做匀速直线运动。

(3) 当 $F_{\text{合}} \neq 0, F_{\text{合}}$ 与 v 在同一条直线上时，物体做变速直线运动：当 $F_{\text{合}}$ 与 v 在同一条直线上且同向时，物体做加速直线运动；当 $F_{\text{合}}$ 与 v 在同一条直线上但方向相反时，物体先做减速直线运动，当速度减为零后，沿 $F_{\text{合}}$ 方向做加速直线运动。当 $F_{\text{合}}$ 恒定且与 v 在同一条直线上时，物体做匀变速直线运动： $F_{\text{合}}$ 与 v 同向时，做匀加速直线运动； $F_{\text{合}}$ 与 v 反向时做匀减速直线运动。

(4) 当 $F_{\text{合}}$ 与 v 不在同一条直线上时，物体做曲线运动。可分为匀变速曲线运动和非匀变速曲线运动两类： $F_{\text{合}}$ 恒定时，加速度 a 恒定，做匀变速曲线运动； $F_{\text{合}}$ 不恒定时，加速度 a 不恒定，做非匀变速曲线运动。

例 4 物体做曲线运动的条件为()

- A. 物体运动的初速度不为零
- B. 物体所受的合外力为变力
- C. 物体所受的合外力的方向与速度的方向不在同一条直线上
- D. 物体所受的合外力的方向与加速度的方向不在同一条直线上

解析：物体做曲线运动时，由于速度方向时刻改变，在条件中与运动方向不在同一直线上应理解为与这一时刻的速度不在同一直线上，而不应是只指初速度。事实上，物体即使初速度为零，只要受到方向时刻变化的力的作用，也会做曲线运动，故选项 A 错误，选项 C 正确。合外力可以是恒力，也可以是变力，选项 B 错误。由牛顿第二定律知，加速度的方向与合外力的方向相同，故选项 D 错误。 答案：C

例 5 一质点在三个恒力 F_1, F_2, F_3 的共同作用下保持平衡状态，现在突然撤去 F_1 ，则质点()

- A. 一定做匀变速运动
- B. 一定做直线运动
- C. 一定做非匀变速运动
- D. 一定做曲线运动

解析：质点保持平衡状态，有两种可能：其一，质点保持静止状态；其二，质点做匀变速直线运动。依题意可知，当突然撤去 F_1 时，质点受到的合力大小为 F_1 ，方向与 F_1 相反，由牛顿第二定律可知，质点在恒力作用下将产生恒定的加速度，而加速度恒定的运动一定是匀变速运动，因此选项 A 正确，选项 C 错误。若撤去 F_1 之前，质点处于

静止状态,则撤去 F_1 之后,质点一定做匀变速直线运动;若撤去 F_1 之前,质点保持匀速直线运动状态;当 F_1 和初速度 v_0 的方向恰好在同一直线上时,质点将做直线运动.当 F_1 和初速度 v_0 的方向不在同一直线上时,质点将做曲线运动.这样看来,在这种情况下,质点有两种可能的运动状态:直线运动和曲线运动,故选项 B、D 都是片面的.因此本题只有选项 A 正确.

本题考查根据曲线运动的条件判断物体的运动状态,易错选 D,原因是忽略物体初始状态的两种可能性以及初状态和物体所受合外力的关系. 答案:A

4 判断合运动性质及轨迹的方法

运动的合成遵循平行四边形定则,判断合运动的性质及轨迹,关键是找出合运动的速度和加速度方向.

(1) 物体的运动方向与受力方向是否在同一条直线上.

(2) 物体所受合外力是恒力还是变力.

(3) 当物体做曲线运动时,物体所受的合外力与速度方向始终不在一条直线上,运动的轨迹始终处在合外力方向与速度方向的夹角之中,并且合外力 F 的方向一定指向轨迹的凹侧.

例 6 若一个物体的运动是两个独立的分运动合成的,则()

A. 若其中一个分运动是变速运动,另一个分运动是匀变速直线运动,则物体的合运动一定是变速运动

B. 若两个分运动都是匀速直线运动,则物体的合运动一定是匀速直线运动

C. 若其中一个分运动是匀变速直线运动,另一个是匀变速直线运动,则物体的运动一定是曲线运动

D. 若其中一个分运动是匀加速直线运动,另一个分运动是匀减速直线运动,合运动可以是曲线运动

解析:运动的合成与分解实际上就是对描述运动的几个物理量位移、速度、加速度的合成与分解,然后根据加速度与速度的方向关系来判断物体的具体运动状态.

答案:ABD

5 小船过河问题的分析与求解方法

(1) 处理方法:小船过河时,实际上参与了两个方向的分运动,即随水流的运动(水冲船的运动)和船相对水的运动(即在静水中的船的运动),船的实际运动是合运动.

(2) 对小船过河的讨论

设河流宽为 d ,船在静水中的速度为 $v_{\text{船}}$,水流速度为 $v_{\text{水}}$.

① $v_{\text{船}} > v_{\text{水}}$

a. 渡河的最短时间

如图 1-1-1 所示,设船头斜向上游与河岸成任意角 θ ,这时船速在垂直于河岸方向的速度分量为 $v_1 = v_{\text{船}} \sin \theta$,渡河所需的时间

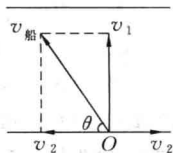


图 1-1-1

$$\text{为 } t = \frac{d}{v_1} = \frac{d}{v_{\text{船}} \sin \theta}.$$

可以看出 d 、 $v_{\text{船}}$ 一定时, t 随 $\sin \theta$ 增大而减小; 当 $\theta = 90^\circ$ 时, $\sin \theta = 1$ (最大). 所以, 船头与河岸垂直时渡河时间最短, $t_{\min} = d/v_{\text{船}}$.

这种情况船走过的距离, 如图 1-1-2 所示, 实际走过的航线是沿 $v_{\text{合}}$ 方向到达对岸.

$$\sin \alpha = \frac{d}{s}, \sin \alpha = \frac{v_{\text{船}}}{\sqrt{v_{\text{船}}^2 + v_{\text{水}}^2}}, \text{ 则 } s = \frac{d \sqrt{v_{\text{船}}^2 + v_{\text{水}}^2}}{v_{\text{船}}}.$$

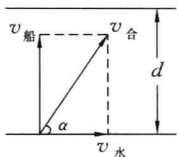


图 1-1-2

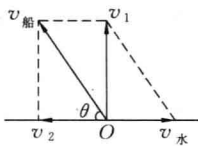


图 1-1-3

b. 渡河的最短距离

如图 1-1-3 所示, 保证 $v_{\text{合}}$ 垂直于河岸时, 最短距离为 d , 条件是

$$v_{\text{船}} \cos \theta - v_{\text{水}} = 0, \cos \theta = \frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}.$$

因为 $0 \leq \cos \theta \leq 1$, 所以只有在 $v_{\text{船}} > v_{\text{水}}$, 船才有可能垂直河岸横渡.

② $v_{\text{船}} < v_{\text{水}}$

a. 渡河最短时间与第①种情况中的 a 相同.

b. 渡河的最短距离

从前边的讨论可知 $v_{\text{船}} \cos \theta < v_{\text{水}}$, 即不能垂直于河岸渡河. 如图 1-1-4 所示.

设船头与河岸成 θ 角. 合速度 $v_{\text{合}}$ 与河岸成 α 角, 可以看出 α 角越大, 船漂下的距离 x 越短. 那么, 在什么条件下 α 角最大呢? 以 $v_{\text{水}}$ 的矢尖为圆心、 $v_{\text{船}}$ 的大小为半径画圆, 当 $v_{\text{合}}$ 与圆相切时, α 角最大, 根据 $\cos \theta = v_{\text{船}}/v_{\text{水}}$, 船头与河岸的夹角应为 $\theta = \arccos \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}}$.

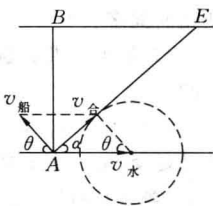


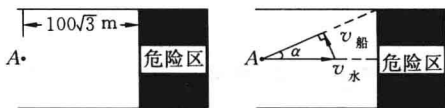
图 1-1-4

船漂下的最短距离为 $x_{\min} = (v_{\text{水}} - v_{\text{船}} \cos \theta) \cdot \frac{d}{v_{\text{船}} \sin \theta}$.

此时渡河的最短位移 $s = \frac{d}{\cos \alpha} = \frac{d v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}$.

例 7 如图 1-1-5 甲所示, 一条小船位于 200 m 宽的河正中 A 点处, 下游距此 $100\sqrt{3}$ m 处有一危险区, 当时水流速度为 4 m/s. 为了使小船避开危险区沿直线到达对岸, 小船在静水中的速度至少是 ()

- A. $4\sqrt{3}/3$ m/s B. $8\sqrt{3}/3$ m/s C. 2 m/s D. 4 m/s



甲 乙

图 1-1-5

解析:水流速度是定值,只要保证合速度方向指向对岸危险区上游即可,但对应最小值应为刚好指向对岸危险区边缘,如图 1-1-5 乙所示. $\tan \alpha = \frac{100}{100\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$, 解得 $\alpha = 30^\circ$. 则 $v_{\text{船 min}} = v_{\text{水}} \sin 30^\circ = 2 \text{ m/s}$, 所以选项 C 正确. 答案: C

例 8 一船船头垂直河岸过河,船到河心时水流速度突然变为原来的 2 倍,则过河时间()

- A. 不变
B. 变为原来的 2 倍
C. 变为原来的 1/2
D. 不确定

解析:小船过河运动是沿着水流方向的运动和在静水中的运动的合运动,根据合运动与分运动以及两分运动的等时性,在静水中的速度并没有变,故选项 A 正确.

答案: A

例 9 一条河流宽度为 200 m,河水水流速度是 $v_1 = 2 \text{ m/s}$,船在静水中航行速度为 $v_2 = 4 \text{ m/s}$,现使船渡河.

(1)如果要求船划到对岸航程最短,则船头应指向什么方向? 最短航程是多少? 所用时间多长?

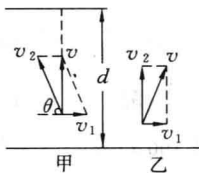
(2)如果要求船划到对岸时间最短,则船头应指向什么方向? 最短时间是多少? 航程是多少?

解析:船在河水中航行,合运动(实际运动)是由两个分运动组成的:一个是随水流的运动,另一个是船相对静水的运动.而船过河的实际路线与船的合速度方向一致,与船头指向不一致.由于题中 $v_2 > v_1$,只要适当改变船头方向,船可以沿任意方向渡河,当合运动垂直河岸时,其航程最短.由合运动与分运动的等时性可知,过河时间等于河宽除以船速垂直河岸的分速度,船速垂直河岸的分速度越大,过河时间越短,所以当船头垂直河岸航行时,所用时间最短.

(1)如图 1-1-6 甲所示,当船头指向斜上游,与岸夹角为 θ 时,合运动垂直河岸,航程最短,数值等于河宽 200 m,则 $\cos \theta = \frac{v_1}{v_2}$,

$\theta = \arccos \frac{v_1}{v_2} = \arccos \frac{2}{4} = 60^\circ$,即船头指向斜上游,与岸夹角为 60° ,

过河时间 $t = \frac{d}{v} = \frac{d}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}} = \frac{200}{\sqrt{4^2 - 2^2}} \text{ s} = 57.7 \text{ s}$.



甲 乙 图 1-1-6

(2)当船头垂直河岸时,所用时间最短(图乙).最短时间为

$$t = \frac{d}{v_2} = \frac{200}{4} \text{ s} = 50 \text{ s}, \text{ 此时航程 } s = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \cdot t = \sqrt{4^2 + 2^2} \times 50 \text{ m} = 224 \text{ m}.$$

答案: (1) 斜上游, 与岸夹角为 60° 200 m 57.7 s (2) 垂直河岸 50 s 224 m

▶ 6 关于绳子末端速度分解的方法

一个速度按矢量运算法则分解为两个分速度, 数量关系上也许无误, 但如与实际情况不符, 则所得分速度毫无物理意义, 所以速度分解的一个基本原则就是按实际效果来进行分解, 常用的思想方法有两种: 一种思想方法是先虚拟合运动的一个位移, 看看这个位移产生了什么效果, 从中找到运动分解的办法; 另一种思想方法是先确定合运动的速度方向(这里有一个简单的原则: 物体的实际运动方向就是合速度的方向), 然后分析由这个合速度所产生的实际效果, 以确定分速度的方向。

(1) 绳子末端运动速度的分解, 应按运动的实际效果进行。

(2) 速度投影定理: 不可伸长的杆或绳, 若各点速度不同, 各点速度沿杆或绳方向的投影相同。

例 10 光滑水平面上有 A、B 两个物体, 通过一根跨过定滑轮的轻绳子相连, 如图 1-1-7 所示, 它们的质量分别为 m_A 和 m_B 。当水平力 F 拉着 A 且绳子与水平面夹角为 $\theta_A = 45^\circ, \theta_B = 30^\circ$ 时, A、B 两物体的速度之比 $\frac{v_A}{v_B}$ 应该是多少?

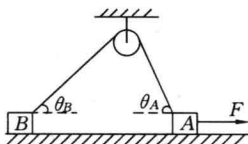


图 1-1-7

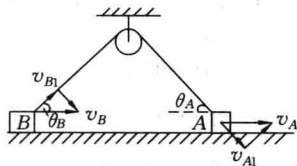


图 1-1-8

解析: 如图 1-1-8 所示, A、B 的速度 v_A, v_B 可分别分解为图示的两个分速度。

由分速度与合速度的关系有 $v_{B1} = v_B \cos \theta_B, v_{A1} = v_A \cos \theta_A$ 。

由于绳的不可伸缩, 故有 $v_{A1} = v_{B1}$, 所以 $\frac{v_A}{v_B} = \frac{\cos \theta_B}{\cos \theta_A} = \sqrt{\frac{3}{2}}$ 。 答案: $\sqrt{\frac{3}{2}}$

例 11 如图 1-1-9 所示, 在不计滑轮摩擦和绳子质量的条件下, 当小车匀速向右运动时, 物体 A 的受力情况是()

- A. 绳的拉力大于 A 的重力 B. 绳的拉力小于 A 的重力
C. 绳的拉力等于 A 的重力 D. 拉力先大于 A 的重力, 后变为小于 A 的重力

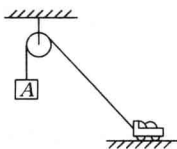


图 1-1-9

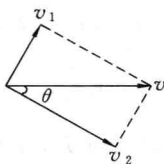


图 1-1-10

解析 车子匀速向右运动时,物体 A 会上升,其上升的速率也就是滑轮右侧绳子的伸长速度,由运动学知识知道,车子向右运动,对绳子造成两个运动效果:一个是沿绳的方向拉伸,另一个是绕滑轮逆时针转动,如图 1-1-10,可求得 $v_2 = v \cos \theta$, 小车匀速向右移动时, θ 逐渐减小,所以 v_2 不断增大,物体 A 做加速运动. 由牛顿第二定律可知拉力应大于 A 的重力. **答案:** A

7 根据运动的合成与分解求解平抛物体运动的方法

平抛运动的动力学特征是:水平方向有初速度而不受外力,竖直方向只受重力而无初速度,抓住了平抛运动的这个初始条件也就抓住了它的关键. 在将平抛运动进行分解后,尽量做出速度三角形和位移三角形,因为在三角形中可能包含着解题的方法和思路. 现将常见的几种解题方法介绍如下:

(1) 利用平抛运动的时间特点解题

平抛运动可分解成水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动,只要抛出的时间相同,下落的高度和竖直分速度就相同.

例 12 将一个小球以初速度 v_0 水平抛出,要使小球能够垂直打到一个斜面上,斜面与水平方向的夹角为 α , 则()

- A. 若保持水平速度不变,斜面与水平方向的夹角 α 越大,小球的飞行时间越长
- B. 若保持水平速度不变,斜面与水平方向的夹角 α 越大,小球的飞行时间越短
- C. 若保持斜面倾角 α 不变,水平速度越大,小球的飞行时间越长
- D. 若保持斜面倾角 α 不变,水平速度越大,小球的飞行时间越短

解析: 可以假设当 $\alpha = 90^\circ$ 时,不需要水平位移小球就可垂直打到斜面上,故 A 错, B 对. 如图 1-1-11 所示,由题意可知 $\frac{v_x}{v_y} = \tan \alpha$.

v_x 越大,则 v_y 越大,由 $v_y = gt$ 可知,小球飞行时间越长,故 C 对, D 错. **答案:** BC

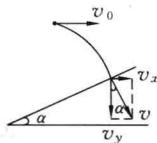


图 1-1-11

(2) 利用平抛运动的偏转角解题

例 13 在倾角为 37° 的斜面上,从 A 点以 6 m/s 的初速度水平抛出一个小球,小球落在 B 点,如图 1-1-12 所示. 求小球刚碰到斜面时的速度方向、AB 两点间的水平距离和小球在空中飞行的时间. (g 取 10 m/s^2)

解析: 设小球落到 B 点时速度的偏转角为 α , 运动时间为 t . 则 $\tan 37^\circ = \frac{h}{s} = \frac{gt^2}{2v_0t} = \frac{5}{6}t$, 又因为 $\tan 37^\circ = \frac{3}{4}$, 解得 $t = 0.9 \text{ s}$.

A、B 两点间的水平距离 $s = v_0t = 6 \times 0.9 \text{ m} = 5.4 \text{ m}$. 在 B 点时, $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0} = \frac{10 \times 0.9}{6} = \frac{3}{2}$, 所以 $\alpha = \arctan \frac{3}{2}$.

答案: 斜向左下方,与水平方向夹角 $\alpha = \arctan \frac{3}{2}$ 5.4 m 0.9 s

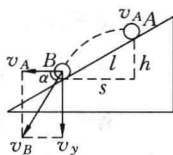


图 1-1-12

(3) 利用平抛运动的轨迹解题