

主编 刘增利[®]

教材

解读与拓展TM

听教材声音，看知识演绎

· 重点拓展 ·

拓展① 一般圆周运动中的向心加速度问题

物体做匀速圆周运动时，向心加速度就是物体运动的合加速度，物体做非匀速圆周运动时，合加速度必有一个沿切线方向的分量和指向圆心方向的分量，其指向圆心方向的分量就是向心加速度。此时向心加速度仍满足： $a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$ ，如图 5-5-2 所示。向心加速度 a_n 方向总指向圆心，始终与速度方向垂直，故向心加速度只改变速度的方向，不改变速度的大小，向心加速度的大小表示速度方向改变的快慢；而沿切线方向的分量 a_t 仅改变速度的大小，切向加速度的大小表示速度大小改变的快慢。

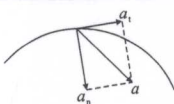


图 5-5-2

$$\text{所以 } \frac{\Delta v}{AB} = \frac{v_A}{r},$$

$$\text{即 } \Delta v = \frac{AB \times v_A}{r},$$

将上式两边同时除以 Δt 得

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{AB}{r} \times v_A$$



YZLI0890161883

高中物理

必修② 配人教版

开明出版社

教材

解读与拓展TM

主 编 刘增利
编 者 任付中 赵新勇
李明清



由向心加速度
知:匀速圆周运动是
的变速曲线运动。

· 重点拓展 ·

展① 一般圆周运动中的向心加速度问题

物体做匀速圆周运动时,向心加速是物体运动的合加速度,物体做非圆周运动时,合加速度必有一个沿方向的分量和指向圆心方向的分其指向圆心方向的分量就是向心加

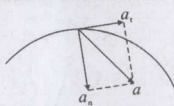


图 5-5-2

。此时向心加速度仍满足: $a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$,如图 5-5-2 所

向心加速度 a_n 方向总指向圆心,始终与速度方向垂直。加速度只改变速度的方向,不改变速度的大小。大小表示速度方向改变的快慢;仅改变速度的大小,不改变速度的方向。

指向圆

因为 v_A 、 v_B 和 Δv 成

所以 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$



YZLI0890151883



高中物理

必修② 配人教版

开明出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

教材解读与拓展: 人教版. 高中物理. 2: 必修 /
刘增利主编. -- 北京: 开明出版社, 2011
ISBN 978-7-5131-0457-9

I. ①教… II. ①刘… III. ①中学物理课-高中-教
学参考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 208893 号

策划设计 万向思维研发部
主 编 刘增利
编 者 任付中 赵新勇 李明清
责任编辑 范 英
责任审读 贾 娜
研发统筹 周广英 杨丽红
创意统筹 陈兰花 赵 敏
校订统筹 晁 鲁
责任录排 石 帆
封面设计 木头羊工作室

版式设计 沈 婕
出 版 开明出版社
印 刷 陕西思维印务有限公司
印刷质检 高 峰
经 销 各地书店
开 本 890×1240 1/16
印 张 13
字 数 364 千字
版 次 2011 年 11 月第 1 版
印 次 2011 年 11 月第 1 次印刷
定 价 24.80 元

 万向思维教育图书官方网址: <http://www.wanxiangsiwei.com>

万向思维新浪微博: @万向思维教育图书

最给力的学习网——啃书网: www.kbook.com.cn

 主编邮箱: zbwxsw@126.com 投稿邮箱: tgwxsw@126.com

 图书质量监督电话: 010-88817647 售后服务电话: 010-82553636

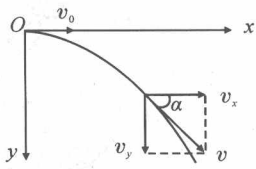
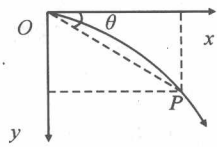
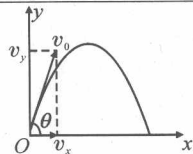
图书内容咨询电话: 010-82378880 转 111

 通信地址: 北京市海淀区王庄路 1 号清华同方科技广场 B 座 16 层(邮编 100083)

教师 QQ 交流群: 90232286 (欢迎一线老师加入, 交流教学经验, 共享教学资源)

版权所有 翻印必究

物理要点速记

曲线运动公式			
知识点		公式与叙述	
平抛运动	速度	水平方向: $v_x = v_0$	
		竖直方向: $v_y = gt$	
		$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$	
	位移	水平方向: $x = v_0 t$	
		竖直方向: $y = \frac{1}{2}gt^2$	
		$\tan \theta = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$	
	轨迹	$y = \frac{g}{2v_0^2}x^2$	平抛运动的轨迹是抛物线
	推论	$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$	飞行时间只与竖直高度有关
		$x = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$	水平距离由竖直高度和初速度共同决定
		$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$	落地速度由竖直高度和初速度共同决定
		$\Delta v = \Delta v_y = g\Delta t$	速度变化量的方向竖直向下, 且任意相等时间内的速度变化量相等
		$\tan \alpha = 2 \tan \theta$	平抛运动中, 某一时刻速度与水平方向夹角的正切值是位移与水平方向的夹角正切值的 2 倍
斜抛运动	分速度	水平方向: $v_x = v_0 \cos \theta$	
		竖直方向: $v_y = v_0 \sin \theta - gt$	
	分位移	水平方向: $x = v_0 \cos \theta \cdot t$	
		竖直方向: $y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$	
匀速圆周运动	线速度 (平均线速度)	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	当 Δt 趋近于 0 时, 平均线速度变为瞬时线速度, 匀速圆周运动线速度大小不变, 方向时刻变化
	角速度 (平均角速度)	$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$	当 Δt 趋近于 0 时, 平均角速度变为瞬时角速度, 匀速圆周运动的角速度不变
	线速度与角速度的关系	$v = \omega r$	一般用来解决传动问题
	转速、周期、频率	$n = f = \frac{1}{T}$	n 的单位应为 r/s
	角速度、周期、频率、转速关系	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = 2\pi n$	
	线速度、周期、频率、转速关系	$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f = 2\pi r n$	
	向心加速度	$a_n = \frac{v^2}{r} = r\omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2}r = 4\pi^2 f^2 r = v\omega$	匀速圆周运动的向心加速度大小不变, 方向时刻变化, 所以匀速圆周运动是变加速曲线运动
	向心力	$F = ma_n = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$ $= m \frac{4\pi^2}{T^2} r = m4\pi^2 f^2 r$	向心力是效果力, 匀速圆周运动的向心力的大小不变, 方向时刻变化



万有引力、功和能公式			
知识点		公式与叙述	
万有引力	开普勒第三定律	$\frac{a^3}{T^2}=k$	k 只与中心天体的质量有关
	万有引力定律	$F=G\frac{m_1m_2}{r^2}$	万有引力定律只适用于质点的计算, 引力常量 $G=6.67\times 10^{-11}\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$
	解决天体运动的思路	$G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}=mR\omega^2=m\frac{4\pi^2}{T^2}R=mR(2\pi f)^2$	万有引力充当天体做圆周运动的向心力
		$mg=G\frac{Mm}{R^2}$	在天体表面万有引力近似等于重力, $GM=gR^2$ 称为黄金代换
	天体质量	$M=\frac{4\pi^2r^3}{GT^2}$	
	天体的密度	$\rho=\frac{M}{V}=\frac{3\pi r^3}{GT^2R^3}$	当环绕天体在被环绕天体的表面运行时, $\rho=\frac{3\pi}{GT^2}$
人造卫星	线速度	$v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$	轨道半径越大, 线速度越小
	角速度	$\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$	轨道半径越大, 角速度越小
	周期	$T=\sqrt{\frac{4\pi^2r^3}{GM}}$	轨道半径越大, 周期越大
	加速度	$a=\frac{GM}{r^2}$	轨道半径越大, 加速度越小
	第一宇宙速度	$v=\sqrt{\frac{GM}{R}}=\sqrt{gR}=7.9\text{ km/s}$	第一宇宙速度是卫星的最大环绕速度和最小发射速度
功	功	$W=Fl\cos\alpha$	只适用于恒力做功
	总功	$W=W_1+W_2+W_3+\cdots$	几个力对物体所做的总功 W , 等于各个力对物体所做功的代数和
		$W=F_{\text{合}}l\cos\alpha$	几个力对物体所做的总功 W , 等于这几个力的合力对物体所做的功
	重力做功	$W_G=mgh$	重力做功大小只取决于初、末位置的高度差, 与运动路径无关
	功率	$P=\frac{W}{t}$	只适用于求平均功率
$P=Fv\cos\alpha$		当 v 是瞬时速度时, 求出的是瞬时功率; 当 v 是平均速度时, 求出的是平均功率	
能	动能	$E_k=\frac{1}{2}mv^2$	动能与物体的质量和速度的大小有关, 与速度的方向无关
	弹簧弹性势能	$E_p=\frac{1}{2}kx^2$	弹簧的弹性势能与弹簧的劲度系数和形变量有关
	重力势能	$E_p=mgh$	重力势能的大小是相对的, 重力势能的变化量是绝对的
	机械能守恒定理	$E_{k2}+E_{p2}=E_{k1}+E_{p1}\quad\Delta E_k=-\Delta E_p\quad\Delta E_A=-\Delta E_B$	
	能量守恒定理	$E_{\text{初}}=E_{\text{终}}\quad\Delta E_{\text{增}}=\Delta E_{\text{减}}$	
	功能关系	$W=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2$	合外力所做的功是物体动能变化的量度 (动能定理)
		$W_G=E_{p1}-E_{p2}$	重力所做的功是物体重力势能变化的量度
		$W_{G\text{外}}=E_2-E_1$	重力以外的力做功是机械能变化的量度
$Q=F_f\Delta l$		一对相互作用的摩擦力做的总功是系统机械能转化为内能的量度	

重点拓展及专题索引

第五章 曲线运动

- 1 曲线运动 (001)
 - 拓展1 物体做曲线运动时,所受合外力的方向总指向曲线的凹侧 (002)
 - 拓展2 运动的合成和分解 (002)
- 专题1 关联运动中的速度分解问题 (007)
- 2 平抛运动 (010)
 - 拓展1 平抛运动中飞行时间、落地的水平距离、落地速度的决定因素 (011)
 - 拓展2 平抛运动中的速度变化量 (011)
 - 拓展3 平抛运动中两个重要的推论 (011)
 - 拓展4 斜抛运动 (011)
- 专题2 平抛运动的求解方法分类分析 (016)
- 3 实验:研究平抛运动 (020)
 - 拓展1 探究做平抛运动的物体在竖直方向上的运动规律 (021)
 - 拓展2 探究做平抛运动的物体在水平方向上的运动规律 (021)
- 4 圆周运动 (026)
 - 拓展1 关于皮带传动、齿轮传动及同轴传动的特点 (027)
- 5 向心加速度 (030)
 - 拓展1 一般圆周运动中的向心加速度问题 (031)
 - 拓展2 向心加速度公式的推导(较高要求) (031)
- 6 向心力 (034)
 - 拓展1 对匀速圆周运动的进一步理解 (035)
 - 拓展2 如何分析向心力的来源 (035)
- 专题3 圆周运动的临界问题 (040)
- 7 生活中的圆周运动 (044)
 - 拓展1 水平面上做圆周运动的实例 (045)
 - 拓展2 竖直平面内另一特殊实例——水流星 (045)
 - 拓展3 离心运动的深入分析 (045)

第六章 万有引力与航天

- 1 行星的运动 (058)
 - 拓展1 对开普勒行星运动定律的理解 (059)
- 2 太阳与行星间的引力 (062)
 - 拓展1 用引力定律分析问题的方法 (063)
- 3 万有引力定律 (066)
 - 拓展1 物体在地面上所受的万有引力与重力的区别与联系 (067)
 - 拓展2 星球表面和某高度处的重力加速度 (067)
 - 拓展3 空腔内的质点受到的万有引力的计算 (067)
 - 拓展4 实心球内质点受到的万有引力的计算 (068)
- 4 万有引力理论的成就 (072)
 - 拓展1 解决天体运动的基本思路 (073)
 - 拓展2 宇宙中的双星系统 (073)

- 5 宇宙航行 (077)
 - 拓展1 地面上物体随地球自转的向心加速度和卫星环绕运行的向心加速度的区别 (078)
 - 拓展2 人造地球卫星的运行速度和发射速度的区别 (078)
 - 拓展3 人造地球卫星的轨道问题 (078)
 - 拓展4 近地卫星和同步卫星 (078)
 - 拓展5 卫星轨道变化分析 (079)
 - 拓展6 人造卫星中的失重问题 (079)
- 专题1 人造卫星专题 (084)
- 6 经典力学的局限性 (087)
 - 拓展1 两种不同的时空观 (088)
 - 拓展2 经典力学的适用范围 (088)

第七章 机械能守恒定律

- 1 追寻守恒量——能量 (098)
 - 拓展1 追寻守恒量是物理学的一种重要研究方法 (098)
 - 拓展2 寻找守恒量的方法 (099)
- 2 功 (101)
 - 拓展1 摩擦力做功的特点 (102)
 - 拓展2 一对相互作用力做功的特点 (102)
- 专题1 变力做功问题分类分析 (107)
- 3 功率 (110)
 - 拓展1 对公式 $P=Fv$ 的理解 (111)
 - 拓展2 机车启动的两种物理模型 (111)
- 4 重力势能 (116)
 - 拓展1 重力势能变化的分析方法 (117)
 - 拓展2 保守力和耗散力 (117)
- 5 探究弹性势能的表达式 (120)
 - 拓展1 利用图象求功的方法 (120)
 - 拓展2 弹力做功与弹性势能变化的关系 (121)
- 6 实验:探究功与速度变化的关系 (124)
 - 拓展1 倍增法改变力时应注意的问题 (125)
 - 拓展2 为什么可以用速度和功的倍数来标定坐标题 (125)
- 7 动能和动能定理 (128)
 - 拓展1 对动能定理的进一步理解及应用 (129)
- 专题2 巧用动能定理求解功 (134)
- 8 机械能守恒定律 (137)
 - 拓展1 对机械能守恒条件的进一步理解 (138)
 - 拓展2 机械能守恒定律和动能定理的异同 (138)
- 专题3 用机械能守恒定律求解连接体 (144)
- 9 实验:验证机械能守恒定律 (147)
 - 拓展1 纸带的选取 (148)
 - 拓展2 质量测量的讨论 (148)
 - 拓展3 打点计时器的使用 (149)
- 10 能量守恒定律与能源 (154)
 - 拓展1 对功能原理的进一步理解 (155)
 - 拓展2 应用能量守恒定律的一般步骤 (155)
 - 拓展3 能源的分类 (155)

目录 contents

第五章 曲线运动

1 曲线运动	(001)
新旧知识脉络	(001)
教材全方位解读	(001)
例题多角度剖析	(003)
习题双阶段训练	(006)
专题全方位讲练	(007)
专题1 关联运动中的速度分解问题	(007)
专题重点讲解	(007)
专题典例详解	(007)
专题针对练习	(008)
2 平抛运动	(010)
新旧知识脉络	(010)
教材全方位解读	(010)
例题多角度剖析	(012)
习题双阶段训练	(014)
专题全方位讲练	(016)
专题2 平抛运动的求解方法分类分析	(016)
专题重点讲解	(016)
专题典例详解	(016)
专题针对练习	(018)
3 实验:研究平抛运动	(020)
新旧知识脉络	(020)
教材全方位解读	(020)
例题多角度剖析	(022)
习题双阶段训练	(024)
4 圆周运动	(026)
新旧知识脉络	(026)
教材全方位解读	(026)
例题多角度剖析	(027)
习题双阶段训练	(029)
5 向心加速度	(030)
新旧知识脉络	(030)
教材全方位解读	(030)
例题多角度剖析	(031)
习题双阶段训练	(032)
6 向心力	(034)
新旧知识脉络	(034)
教材全方位解读	(034)
例题多角度剖析	(036)
习题双阶段训练	(038)

专题全方位讲练	(040)
专题3 圆周运动的临界问题	(040)
专题重点讲解	(040)
专题典例详解	(040)
专题针对练习	(042)
7 生活中的圆周运动	(044)
新旧知识脉络	(044)
教材全方位解读	(044)
例题多角度剖析	(046)
习题双阶段训练	(048)
章末系统总结	(050)
重点知识梳理	(050)
方法技能归纳	(051)
高考分类型赏析	(052)
高考零距离体验	(053)
章末检测	(055)

第六章 万有引力与航天

1 行星的运动	(058)
新旧知识脉络	(058)
教材全方位解读	(058)
例题多角度剖析	(059)
习题双阶段训练	(060)
2 太阳与行星间的引力	(062)
新旧知识脉络	(062)
教材全方位解读	(062)
例题多角度剖析	(063)
习题双阶段训练	(064)
3 万有引力定律	(066)
新旧知识脉络	(066)
教材全方位解读	(066)
例题多角度剖析	(068)
习题双阶段训练	(071)
4 万有引力理论的成就	(072)
新旧知识脉络	(072)
教材全方位解读	(072)
例题多角度剖析	(074)
习题双阶段训练	(076)
5 宇宙航行	(077)
新旧知识脉络	(077)
教材全方位解读	(077)
例题多角度剖析	(080)

习题双阶段训练	(082)
专题全方位讲练	(084)
专题1 人造卫星专题	(084)
专题重点讲解	(084)
专题典例详解	(084)
专题针对练习	(085)
6 经典力学的局限性	(087)
新旧知识脉络	(087)
教材全方位解读	(087)
例题多角度剖析	(088)
习题双阶段训练	(090)
章末系统总结	(091)
重点知识梳理	(091)
方法技能归纳	(092)
高考分类型赏析	(092)
高考零距离体验	(094)
章末检测	(096)

第七章 机械能守恒定律

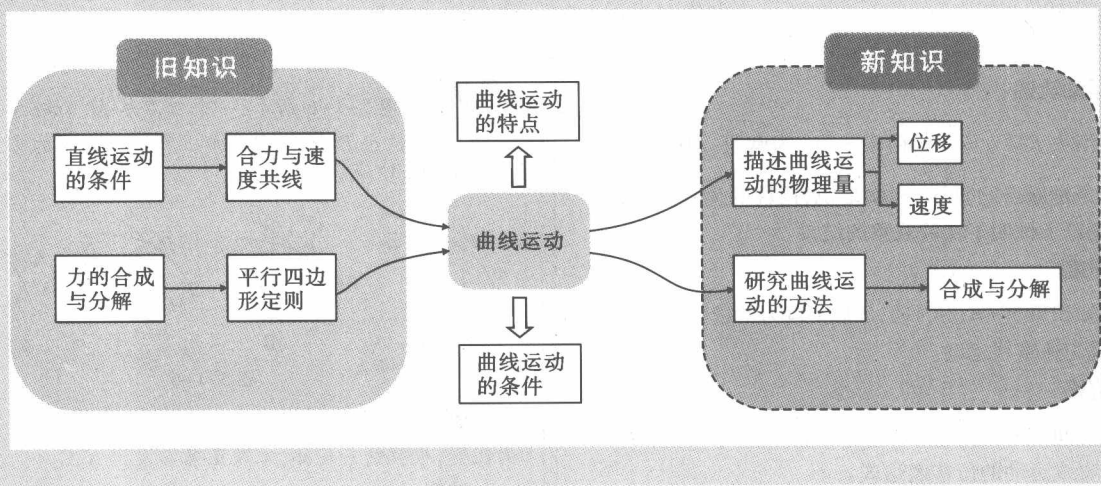
1 追寻守恒量——能量	(098)
新旧知识脉络	(098)
教材全方位解读	(098)
例题多角度剖析	(099)
习题双阶段训练	(100)
2 功	(101)
新旧知识脉络	(101)
教材全方位解读	(101)
例题多角度剖析	(103)
习题双阶段训练	(105)
专题全方位讲练	(107)
专题1 变力做功问题分类分析	(107)
专题重点讲解	(107)
专题典例详解	(107)
专题针对练习	(108)
3 功率	(110)
新旧知识脉络	(110)
教材全方位解读	(110)
例题多角度剖析	(112)
习题双阶段训练	(114)
4 重力势能	(116)
新旧知识脉络	(116)
教材全方位解读	(116)
例题多角度剖析	(117)
习题双阶段训练	(119)

5 探究弹性势能的表达式	(120)
新旧知识脉络	(120)
教材全方位解读	(120)
例题多角度剖析	(121)
习题双阶段训练	(122)
6 实验:探究功与速度变化的关系	(124)
新旧知识脉络	(124)
教材全方位解读	(124)
例题多角度剖析	(125)
习题双阶段训练	(126)
7 动能和动能定理	(128)
新旧知识脉络	(128)
教材全方位解读	(128)
例题多角度剖析	(129)
习题双阶段训练	(132)
专题全方位讲练	(134)
专题2 巧用动能定理求解功	(134)
专题重点讲解	(134)
专题典例详解	(134)
专题针对练习	(135)
8 机械能守恒定律	(137)
新旧知识脉络	(137)
教材全方位解读	(137)
例题多角度剖析	(139)
习题双阶段训练	(142)
专题全方位讲练	(144)
专题3 用机械能守恒定律求解连接体	(144)
专题重点讲解	(144)
专题典例详解	(144)
专题针对练习	(145)
9 实验:验证机械能守恒定律	(147)
新旧知识脉络	(147)
教材全方位解读	(147)
例题多角度剖析	(149)
习题双阶段训练	(153)
10 能量守恒定律与能源	(154)
新旧知识脉络	(154)
教材全方位解读	(154)
例题多角度剖析	(155)
习题双阶段训练	(158)
章末系统总结	(160)
重点知识梳理	(160)
方法技能归纳	(161)
高考分类型赏析	(161)
高考零距离体验	(163)
章末检测	(167)
参考答案	(169)

第五章 曲线运动

1 曲线运动

新旧知识脉络



教材全方位解读

· 教材详解 ·

POINT 1 曲线运动的位移

如图 5-1-1 所示,将小球从 O 点水平抛出,它将沿曲线落向地面,当它运动到 A 点时相对于抛出点的位移为 OA ,可用 l 表示,显然在小球运动过程中位移矢量 l 的大小和方向不断变化。

为简单地描述小球的运动,我们以抛出点为坐标原点,沿初速度的方向(水平)为 x 轴方向,竖直向下的方向为 y 轴的方向,建立如图 5-1-1 所示的平面直角坐标系,这样矢量 l 在两个坐标轴上的分矢量方向是不变的,所以只用 A 点的坐标 (x_A, y_A) 就可以表示小球的位置或位移,使问题简化。

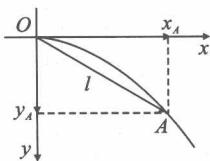


图 5-1-1

注意:在曲线运动中,用两个相互垂直的方向上的分矢量描述物体的运动显得更为简单明了。

POINT 2 曲线运动的速度**1 实验观察**

曲线运动中速度的方向是时刻改变的,质点在某一点(或某一时刻)的速度的方向是曲线上这一点的切线方向。



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;撑开的带着水的伞绕伞柄旋转,伞面上的水滴沿伞边各点所画圆周的切线方向飞出。

2 理论推导

如图 5-1-2 所示,分析曲线运动中一段时间内的平均速度时,当时间段取得越来越小时,平均速度方向(由 A 指向 B)逐渐向曲线在该点 A 的切线方向逼近,当时间 Δt 足够小时,割线的方向就等同于切线方向,即质点在某一点(A)或某一时刻的瞬时速度方向就在该点(A)的切线上,且指向物体运动方向。

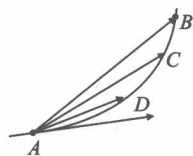


图 5-1-2



特别提示 速度是矢量,既有大小又有方向,大小和方向中任何一个变化了,速度就发生了变化。由于做曲线运动的物体速度的方向在不断变化,所以,曲线运动是变速运动,且曲线运动一定有加速度,但不能确定加速度是否变化。

POINT 3 运动描述的实例

通过对下面的实例分析,对于用物体的位移和速度描述物体在平面中的运动,有更深刻的认识。

竖直放置两端封闭的玻璃管内注满清水,一个用红蜡做成的圆柱体可在管内运动,玻璃管倒置时圆柱体能匀速上浮,现将玻璃管倒置,在蜡块匀

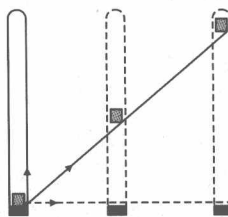


图 5-1-3

速上浮的同时,使玻璃管水平向右匀速运动,如图 5-1-3 所示。现在我们来研究蜡块的运动情况。

1 蜡块的位置

以蜡块开始运动时的位置为原点,水平向右的方向和竖直向上的方向分别为 x 轴和 y 轴的方向,建立如图 5-1-4 所示的直角坐标系。设玻璃管向右匀速运动的速度为 v_x ,蜡块匀速上升的速度为 v_y ,从蜡块开始运动的时刻计时。蜡块在时刻 t 的位置 P 可用 x 、 y 两个坐标表示,则有

$$x = v_x t \quad (1)$$

$$y = v_y t \quad (2)$$

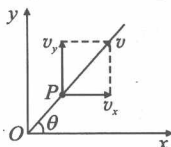


图 5-1-4

2 蜡块的运动轨迹

由①②消去 t 得 $y = \frac{v_y}{v_x}x$, 由于 v_y 、 v_x 为常量,可见 $y = \frac{v_y}{v_x}x$ 代表的是一条过原点的直线,也就是说,蜡块的运动轨迹是一条直线,从理论上证明了实验观察的结果。

3 蜡块的速度

由数学知识可得 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, 所以 v 也为常量,可见蜡块的速度恒定,是匀速直线运动。

4 蜡块的位移

蜡块在时间 t 内的位移 $OP = \sqrt{x^2 + y^2} = t\sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, 即 $l = vt$, 这正是匀速直线运动的位移表达式。

设位移与水平方向的夹角为 θ , 则 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$ 。

POINT 4 物体做曲线运动的条件

当运动物体所受合力的方向跟它的速度方向不在同一直线上时,物体就做曲线运动。



抛出的石子所受重力向下,重力跟它的速度方向不在同一直线上时,物体做曲线(抛物线)运动。飞行的人造卫星受到的地球引力指向地心,跟它的速度方向垂直,卫星做曲线(圆周)运动。

注意: 由牛顿第二定律知,加速度方向即合外力的方向,所以做曲线运动的物体,其加速度的方向跟它的速度方向也不在同一直线上,如果合力为恒力,则为匀变速曲线运动,反之,则为变加速曲线运动。



特别提示 物体做曲线运动的条件只强调合力的方向跟它的速度方向不在同一直线上,并不关心合力是否为恒力。

· 重点拓展 ·

拓展1 物体做曲线运动时,所受合外力的方向总指向曲线的凹侧

设质点沿如图 5-1-5 所示的轨迹做曲线运动,在时刻 t 位于 A 点,经 Δt 位于 B 点,它在 A 点和 B 点的瞬时速度分别用 v_1 和 v_2 表示,那么在 Δt 内质点的平均加速度 $\bar{a}$ 应表示为: $\bar{a} =$

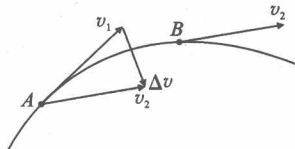


图 5-1-5

$\frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 。式中, Δv 是速度的变化量, $\bar{a}$ 的方向应与 Δv 方向

相同,按照矢量运算法则, Δv 的方向如图 5-1-5 所示,即 $\bar{a}$ 的方向指向曲线的凹侧,当 Δt 足够小趋于零时,平均加速度 $\bar{a}$ 无限接近于在 A 点的瞬时加速度 a ,它的方向与足够小的 Δv 方向相同,也指向曲线的凹侧,由牛顿第二定律可知,质点所受合外力的方向与其加速度方向相同,所以,合外力总指向曲线的凹侧。



做曲线运动的物体,其轨迹向合外力所指一方弯曲。如平抛运动的轨迹向下弯曲,圆周运动的轨迹总向圆心弯曲等。



如图 5-1-6 所示,一个质点从 M 点到 N 点做曲线运动,当它通过 P 点时,其速度 v 和加速度 a 的方向关系可能正确的是 ()

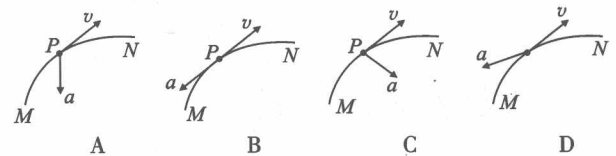


图 5-1-6

解析: 物体做曲线运动时,加速度方向应指向曲线轨迹的凹侧,根据这一规律,本题正确答案为 A、C。

答案: AC

拓展2 运动的合成和分解

1. 如果物体同时参与了几个运动,那么物体的实际运动就做那几个运动的合运动,那几个运动叫做这个实际运动的分运动。由分运动求合运动的过程叫做运动的合成,由合运动求分运动的过程叫做运动的分解。运动的分解是运动的合成的逆运算。

2. 合运动与分运动关系的四个性质

(1) 独立性: 一个物体同时参与几个分运动,各分运动独立进行,互不干扰。

(2) 等时性: 合运动和分运动同时发生、同时进行、同时结束,即运动的时间相等。

(3) 等效性: 合运动产生的效果是各分运动分别产生的效果的总效果,它能替代所有的分运动。

(4) 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,不是几个不同的物体发生的不同运动。

3. 运动的合成和分解的运算法则

运动的合成与分解包含了位移、速度、加速度的合成与分解。由于位移、速度和加速度都是矢量,所以合运动与分运动的位移、速度和加速度之间的关系均遵循平行四边形定则。



(1) 一般采用正交分解法处理合运动与分运动的关系,运动的合成与分解是设法把曲线运动(正交)分解成直线运动再用直线运动规律求解。

(2) 在进行速度分解时,一定要分清合速度与分速度。合运动是指物体的实际运动,也就是说,只有实际运动才是供分解的“合运动”。合速度就是物体实际运动的速度,是平行四边形的对角线。分速度方向的确定要视题目而具体分析,往往要根据物体运动的实际效果来分解。

例

如图 5-1-7 所示,甲为位移的合成与分解;乙为速度的合成与分解;丙为加速度的合成与分解。

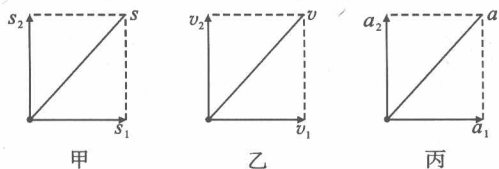


图 5-1-7

16

(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的合运动仍是初速度为零的匀加速直线运动;(3) 一个匀速直线运动和另一个匀变速直线运动的合运动一定是匀变速曲线运动;(4) 两个匀变速直线运动的合运动,其性质由合加速度方向与合初速度方向的关系决定,当合加速度与合初速度共线时,合运动仍为匀变速直线运动;当合加速度与合初速度不共线时,合运动为匀变速曲线运动。

例题多角度剖析

· 典例详析 ·

题型一 对曲线运动特点的理解

例 1 如图 5-1-8 所示,物体沿曲线由 a 点运动至 b 点,关于物体在 ab 段的运动,下列说法正确的是 ()

- A. 物体的速度可能不变
- B. 物体的速度不可能均匀变化
- C. a 点的速度方向由 a 指向 b
- D. ab 段的位移大小一定小于路程

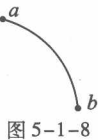


图 5-1-8

解析: 做曲线运动的物体速度方向时刻改变,即使速度大小不变,速度方向也在不断发生变化,故 A 项错;做曲线运动的物体必定受到力的作用,当物体所受合力为恒力时,物体的加速度恒定,速度均匀变化, B 项错; a 点的速度沿 a 点的切线方向, C 项错;做曲线运动的物体的位移大小必小于路程, D 项正确。

答案: D

衍生训练 1. 物体做曲线运动,下列说法正确的是 ()

- A. 物体的位移大小与路程是不相等的
- B. 物体的速度方向跟轨迹的切线方向一致
- C. 物体的加速度方向跟速度方向在同一直线上
- D. 物体所受的合外力方向跟速度方向不一致

题型二 对曲线运动条件的理解

例 2 下列说法中正确的是 ()

- A. 抛出的石子在空中的运动一定是曲线运动
- B. 让撑开的带有水的伞绕着伞柄旋转(伞柄竖直),伞边缘上的水滴离开伞后做曲线运动
- C. 水平飞行的飞机上跳出的跳伞运动员,在空中的运动是曲线运动
- D. 火箭发射时,竖直上升阶段也是曲线运动

解析: 判断物体是否做曲线运动,关键是看物体的速度方向和合外力方向之间是否具有一定的夹角。对 A 选项,由于抛出的石子初速度方向不一定,若初速度方向竖直向上,则做直线运动,故 A 错。对 B 选项,水滴离开伞后,其速度沿水平方向,但是其重力方向却是竖直向下的,所以水滴做曲线运动,

故 B 正确。对 C 选项,运动员跳出后的合力在竖直方向上,但是其速度方向却不在竖直方向上,所以运动员做曲线运动,故 C 正确。对 D 选项,火箭发射时在竖直上升阶段,速度竖直向上,火箭受竖直向上的推力和竖直向下的重力,其合力竖直向上,即速度方向和合力方向相同,所以在该阶段火箭做直线运动, D 错。

答案: BC

例 3 在判断物体运动的轨迹是直线还是曲线时,其依据是合力方向和初速度方向之间的关系。若两者在一条直线上,物体做直线运动;若两者有一个夹角,则物体做曲线运动。

衍生训练 2. 关于曲线运动的条件,以下说法中正确的是 ()

- A. 物体受变力作用可能做曲线运动
- B. 物体受恒力作用也可能做曲线运动
- C. 物体所受合力为零不可能做曲线运动
- D. 物体只要受到合外力就一定做曲线运动

题型三 关于运动的合成与分解的应用

例 3 无风时气球匀速竖直上升的速度是 4 m/s ,现自西向东的风速大小为 3 m/s ,则气球相对地面运动的速度大小为 _____,方向 _____。

解析: 在地面上的人看来,气球同时参与了两个运动,即竖直向上的运动和自西向东的水平运动,如图 5-1-9 所示,其合速度与分速度关系为:

$$v^2 = v_1^2 + v_2^2,$$

设合速度方向与水平方向夹角为

θ , 则 $\tan \theta = \frac{v_1}{v_2}$, 代入数据可得: 合速度大小

$v = 5 \text{ m/s}$, $\theta = 53^\circ$, 即合速度的方向为东偏北 53° 。

答案: 5 m/s 东偏北 53°

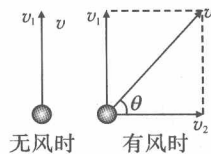


图 5-1-9

例 4 从本例不难看出,要正确解答有关运动的合成与分解的问题,首先要认清合运动和分运动,实际发生的运动就是合运动,参与而实际并没发生的运动就是分运动;其次要正确理解运动的独立性原理;最后要掌握运动的合成与分解的法

校训:爱国、进步、民主、科学

北京大学

003

北京大学坐落在中国的政治和文化中心——北京,是教育部直属及首批入选“211 工程”和“985 工程”的重点大学之一,是国家“111 计划”和“珠峰计划”重点建设的名牌大学之一。

则,灵活运用平行四边形定则。

衍生题 3. 如图 5-1-10 所示,在河岸上利用定滑轮拉绳索使小船靠岸,拉绳的速度大小为 v_1 ,当船头的绳索与水平面间的夹角为 θ 时,船的速度为多大?

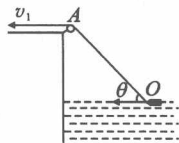


图 5-1-10

题型四 物体所受合外力与运动轨迹关系

例 4 如图 5-1-11 所示,物体在恒力 F 的作用下沿曲线从 A 运动到 B ,这时突然使它的受力反向而大小不变,即其合力由 F 变为 $-F$ 。在此力作用下,物体以后的运动情况,下列说法正确的是 ()

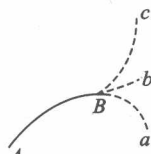


图 5-1-11

- A. 物体不可能沿曲线 Ba 运动
- B. 物体不可能沿曲线 Bb 运动
- C. 物体不可能沿曲线 Bc 运动
- D. 物体不可能沿原曲线由 B 返回到 A

解析: 物体的受力方向与速度方向不在一条直线上时,物体做曲线运动,力的方向指向轨迹的内侧。 AB 曲线向下弯曲,说明 F 指向 AB 的内侧。若换成 $-F$,其方向指向 AB 的外侧,所以物体可能沿 Bc 曲线运动,而不可能沿 Ba 曲线运动,也不可能沿 Bb 曲线运动,更不可能沿原曲线返回。

答案: ABD

例 5 首先要根据运动轨迹分析物体的受力情况,然后再由受力情况(如当力反向时)分析其轨迹的变化。对物体的运动情况分析,明确其受力是关键。

衍生题 4. 质点在一平面内沿曲线由 P 运动到 Q ,如果用 v 、 a 、 F 分别表示质点运动过程中的速度、加速度和受到的合外力,则图 5-1-12 所示的图象可能正确的是 ()

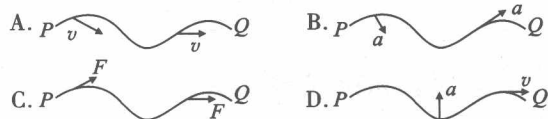


图 5-1-12

· 方法技能 ·

技法一 力和运动的关系在曲线运动中的应用

力是改变运动状态的原因,物体的运动情况由受力情况和初始情况共同决定。当物体所受合外力的方向与初速度在同一直线上时,合外力所产生的加速度只改变速度的大小,不改变速度的方向,此时物体做变速直线运动。当物体所受合外力的方向跟速度方向不在同一直线上时,合外力所产生的加速度不但可以改变速度的大小,而且可以改变速度的方向,物体将做曲线运动。

例 5 物体在一组共点力 F_1 、 F_2 、 F_3 作用下处于平衡状态,若撤去 F_1 ,该物体的运动可能是 ()

- A. 匀加速直线运动
- B. 匀减速直线运动
- C. 匀变速曲线运动
- D. 匀速直线运动

解析: 由平衡条件可知,当 F_1 撤去后物体所受的 F_2 与 F_3 的合力大小等于 F_1 ,方向与 F_1 相反。物体原来处于平衡状态,可能静止,也可能做匀速直线运动,若原来做匀速直线运动, F_1 与物体初速度的方向又不确定,所以应该分情况结合力和运动的关系进行讨论。

(1) 若原来静止, $v_0=0$,撤去 F_1 ,物体将沿 F_1 的反方向做匀加速直线运动。

(2) 若原来做匀速直线运动, v_0 方向与 F_1 相反,撤去 F_1 ,物体将沿 v_0 方向做匀加速直线运动。

(3) 若原来做匀速直线运动, v_0 方向与 F_1 相同,撤去 F_1 ,物体将沿 v_0 方向做匀减速直线运动。

(4) 若原来做匀速直线运动, v_0 方向与 F_1 成一夹角,撤去 F_1 ,物体将做匀变速曲线运动。

答案: ABC

例 6 本题首先要掌握物体处于平衡状态时合力为零,任意两个力的合力与第三个力大小相等而方向相反,若撤去其中一个力,物体所受合力与该力等大、反向,因而一定是匀变速运动。其次不要误认为平衡状态就是静止,还应包含匀速直线运动,如果是匀速直线运动, F_1 的方向又不确定,则撤去 F_1 后合力方向与初速度方向也就不确定,应该分情况讨论。

跟踪训练 1. 一个质点受到两个互成锐角的恒力 F_1 和 F_2 的作用,由静止开始运动,经历一段时间后若仅让 F_1 的大小增加 ΔF ,则关于质点以后的运动情况下列说法正确的是 ()

- A. 一定做匀变速曲线运动
- B. 可能做匀变速直线运动
- C. 一定做匀变速直线运动
- D. 可能做变加速曲线运动

技法二 关于小船过河的问题

小船过河时的运动情况和蜡块在玻璃管中的运动基本是相同的。首先小船过河时它会有一个自身的运动速度,当它开始运动的时候,同时由于水流的作用,它借着水流获得一个与水速相同的速度。所以小船实际的运动路径是这两个运动合成的结果,而合速度的大小取决于这两个分速度的大小和方向。因合运动与分运动间满足独立性、等时性等特点,所以小船渡河的时间仅与小船自身的速度有关,与水流的速度是没有关系的。

例 6 一条宽度为 L 的河流,水流速度为 v_s ,已知船在静水中的速度为 v_c ,那么:

- (1) 怎样渡河时间最短?
- (2) 若 $v_c > v_s$,怎样渡河位移最小?
- (3) 若 $v_c < v_s$,怎样渡河位移最小?

解析: (1) 如图 5-1-13 甲所示,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 $v_1 = v_c \sin \theta$,渡河所需时间为 $t = \frac{L}{v_c \sin \theta}$ 。

由此可以看出: L 、 v_c 一定时, t 随 $\sin \theta$ 增大而减小;当 $\theta = 90^\circ$ 时,即当船头与河岸垂直时,渡河时间最短, $t_{\min} = \frac{L}{v_c}$ 。

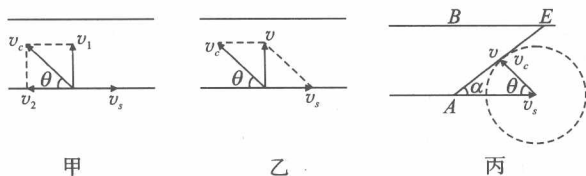


图 5-1-13

(2) 如图 5-1-13 乙所示, 渡河的最小位移即河的宽度。为了使渡河位移等于 L , 必须使船的合速度 v 的方向与河岸垂直。这时船头应指向河的上游, 并与河岸成一定的角度 θ 。根据三角函数关系有: $v_c \cos \theta - v_s = 0$, 所以 $\theta = \arccos \frac{v_s}{v_c}$ 。

因为 $0 \leq \cos \theta \leq 1$, 所以只有 $v_c > v_s$ 时, 才有可能使船的合速度垂直于河岸。

(3) 如果水流速度大于船在静水中的航行速度, 则不论船的航向如何, 总是被水冲向下游。怎样才能使漂下的距离最短呢? 如图 5-1-13 丙所示, 设船头 v_c 与河岸成 θ 角, 合速度 v 与河岸成 α 角。可以看出: α 角越大, 船向下游漂移的距离 x 越短, 合位移就越小, 那么, 在什么条件下 α 角最大呢? 以 v_s 的矢尖为圆心, 以 v_c 为半径画圆, 当 v 与圆相切时, α 角最大, 根据 $\cos \theta = \frac{v_c}{v_s}$, 船头与河岸的夹角应为: $\theta = \arccos \frac{v_c}{v_s}$, 此时渡河的最短位移为: $s = \frac{L}{\sin \alpha} = \frac{v_s}{v_c} L$ 。

答案: (1) 船头与河岸垂直时

(2) 船头指向河的上游, 且与河岸的夹角 $\theta = \arccos \frac{v_s}{v_c}$

(3) 船头与河岸的夹角 $\theta = \arccos \frac{v_c}{v_s}$

小船渡河问题是运动的合成与分解的具体运用, 求解此问题时要牢记合运动与分运动间满足独立性、等时性、等效性。所以小船渡河的时间仅与小船自身的速度有关, 与水流的速度是没有关系的。若要求小船沿着河中确定的航线运动时, 有两种处理方法: 一是使船的合速度沿着该航线; 二是使垂直该航线两侧的分速度互相抵消。当要求以最小位移过河时, 必须注意, 仅当船速大于水速时, 才能使合速度方向垂直河岸, 过河的最小位移才等于河宽。如果船速小于水速, 将无法使合速度垂直河岸, 此时巧妙采用几何方法确定合速度的方向从而求出最短的位移。

跟踪训练 2. 一只小船在静水中的速度为 4 m/s , 要横渡宽为 30 m 、水流速度为 3 m/s 的河流, 下述说法中正确的是 ()

- A. 此船不可能渡过此河
- B. 此船可能垂直到达正对岸
- C. 此船过河的最短时间为 6 s
- D. 此船的合速度可能为 6 m/s

· 高考动向 ·

例 7 (2011 · 上海卷) 如图 5-1-14 所示, 人沿平直的河岸以速度 v 行走, 且通过不可伸长的绳拖船, 船沿绳的方向行进, 此过程中绳始终与水面平行。当绳与河岸的夹角为 α , 船的速率为 ()

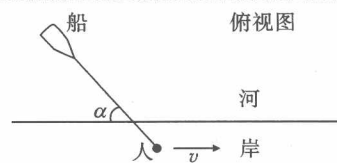


图 5-1-14

- A. $v \sin \alpha$
- B. $\frac{v}{\sin \alpha}$
- C. $v \cos \alpha$
- D. $\frac{v}{\cos \alpha}$

解析: 如图 5-1-15 所示, 人的实际运动方向为合速度的方向, 然后分别沿绳子的方向和垂直绳子的方向分解速度, 即可求出沿绳方向的分速度为 $v \cos \alpha$ 。

答案: C

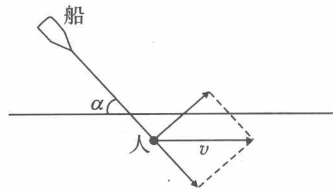


图 5-1-15

例 8 (2011 · 四川卷) 某研究性学习小组进行了如下实验: 如图 5-1-16 所示, 在一端封闭的光滑细玻璃管中注满清水, 水中放一个红蜡做成的小圆柱体 R 。将玻璃管的开口端用胶塞塞紧后竖直倒置且与 y 轴重合, 在 R 从坐标原点以速度 $v_0 = 3 \text{ cm/s}$ 匀速上浮的同时, 玻璃管沿 x 轴正方向做初速度为零的匀加速直线运动。同学们测出某时刻 R 的坐标为 $(4, 6)$, 此时 R 的速度大小为 cm/s , R 在上升过程中运动轨迹的示意图是图 5-1-17 中的 _____ 。(R 视为质点)

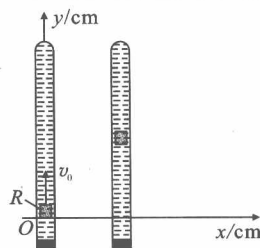


图 5-1-16

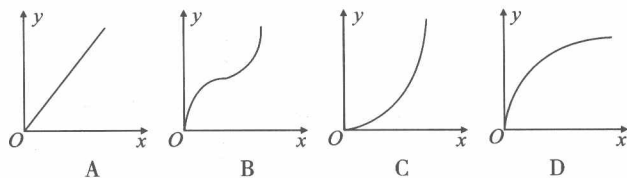


图 5-1-17

解析: 由题意知, R 沿 y 轴方向做匀加速直线运动, 沿 x 轴方向做初速度为零的匀加速直线运动, 当 R 的坐标为 $(4, 6)$ 时, 用的时间 $t = \frac{y}{v_0} = \frac{6 \text{ cm}}{3 \text{ cm/s}} = 2 \text{ s}$, 由 $x = \frac{1}{2} at^2$ 得水平方向的加速度 $a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2 \times 4 \text{ cm}}{4 \text{ s}^2} = 2 \text{ cm/s}^2$, 水平方向的分速度 $v_1 = at = 4 \text{ cm/s}$, 所以 R 的速度 $v = \sqrt{v_0^2 + v_1^2} = 5 \text{ cm/s}$ 。因为 R 受到的合力水平向右, 所以曲线会向右偏转, 故 D 正确。

答案: 5 D

习题双阶段训练

基础训练

- 做曲线运动的物体,在运动过程中,一定变化的物理量是 ()
A. 速率 B. 速度
C. 加速度 D. 合外力
- 下列说法中正确的是 ()
A. 做曲线运动的物体受到的合外力一定不为零
B. 物体速度的变化等于这一过程初、末状态的速度大小之差
C. 物体在恒力作用下,不可能做曲线运动
D. 物体在变力作用下,可能做直线运动,也可能做曲线运动
- 关于曲线运动,下面说法中正确的是 ()
A. 物体运动状态改变,它一定做曲线运动
B. 物体做曲线运动,它的运动状态一定在改变
C. 物体做曲线运动时,它的加速度的方向始终和速度的方向一致
D. 物体做曲线运动时,它的加速度方向始终和所受到的合外力方向一致
- 一个质点在恒力作用下,在 xOy 平面内从 O 点运动到 A 点的运动轨迹如图 5-1-18 所示,且在 A 点时的速度方向与 x 轴平行,则恒力 F 的方向不可能的是 ()
A. 沿 $+x$ 方向
B. 沿 $-x$ 方向
C. 沿 $+y$ 方向
D. 沿 $-y$ 方向

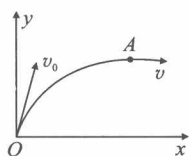


图 5-1-18

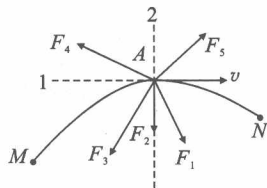


图 5-1-19

- 一个物体在光滑的水平面上沿曲线 MN 运动,如图 5-1-19 所示。其中 A 点是曲线上的一点,虚线 1、2 分别是过 A 点的切线和法线。已知该过程中物体所受到的合外力是恒力,则当物体运动到 A 点时,合外力的方向可能是 ()
A. 沿 F_1 或 F_5 的方向
B. 沿 F_3 或 F_4 的方向
C. 沿 F_2 的方向
D. 不在 MN 曲线所决定的水平面上
- 一轮船以一定的速度垂直河岸向对岸航行,当河水流速均匀时,轮船所通过的路程、过河所用的时间与水流速度的正确关系是 ()
A. 水速越大,路程越长,时间越长
B. 水速越大,路程越长,时间越短
C. 水速越大,路程和时间都不变
D. 水速越大,路程越长,时间不变

能力提升

- 在光滑的水平面上有一质量为 2 kg 的物体,在几个共点力的作用下做匀速直线运动。现突然将与速度反方向的 2 N 的力水平旋转 90° ,则关于物体运动情况的叙述正确的是 ()
A. 物体做速度大小不变的曲线运动
B. 物体做加速度为 $\sqrt{2}\text{ m/s}^2$ 的匀变速曲线运动
C. 物体做速度越来越大的曲线运动
D. 物体做非匀变速曲线运动,其速度越来越大
- 民族运动会上有一个骑射项目,运动员骑在奔驰的马背上,弯弓放箭射击侧向的固定目标。假设运动员骑马奔驰的速度为 v_1 ,运动员静止时射出的弓箭速度为 v_2 ,跑道离固定目标的最近距离为 d 。要想在最短的时间内射中目标,则运动员放箭处离目标的距离应该为 ()

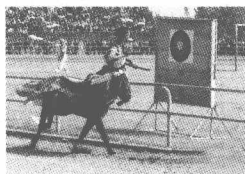


图 5-1-20

- $\frac{dv_2}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$
- $\frac{d\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}{v_2}$
- $\frac{dv_1}{v_2}$
- d

- 火车以 4 m/s 的速度向东行驶,雨点的速度为 3 m/s ,方向竖直向下,求车中所观察到的雨点的速度大小为 _____,方向为 _____。
- 玻璃生产线上,宽 9 m 的成型玻璃板以 2 m/s 的速度连续不断地向前行进,在切割工序处,金刚钻的走刀速度为 10 m/s 。为了使割下的玻璃板都成规定尺寸的矩形,则金刚钻割刀的轨道的方向应怎样控制? 切割一次的时间为多少?

专题全方位讲练

专题1 关联运动中的速度分解问题

专题重点讲解

一、关联运动的概念和特点

1. 关联体和关联运动的概念

关联体一般是两个(或两个以上)物体由轻绳或轻杆联系在一起或直接挤压到一起,它们的运动简称关联运动。

2. 关联运动的特点

相互关联的两个物体一般不是都沿轻绳或轻杆运动,从而使得两个物体的速度不相同,有时两物体即使在同一方向上运动,其速度的大小也不相等,但二者的速度存在某种关系。

注意:关联的两个物体速度一般不相等。

二、关联速度分解的步骤

牵引方向与被牵引物体的运动方向不在同一条直线上时,此时物体做变速直线运动,为了确定合运动与分运动的关系,一般应按如下步骤进行:

1. 确定合运动的方向:物体运动的实际方向就是合运动的方向即合速度的方向。

2. 确定合运动的两个效果:一是沿牵引力方向的平动效果,改变速度的大小;二是垂直牵引力方向的转动效果,改变速度的方向。

3. 将合速度按平动、转动效果分解,确定合速度与分速度的大小关系。

解答轻绳或可自由转动的轻杆连接物体的问题时,分解原则是:先把两物体的实际速度分别分解为垂直于绳(杆)和沿绳(杆)两个分量,根据沿绳(杆)方向的分速度的大小相同即可求解。在分解时有的情况只需要分解一个物体的速度,有的情况必须要分解两个物体的速度。

求相互接触物体的速度关联问题时,根据两物体沿弹力方向的速度相等(接触点相对速度为零),即可求解。

专题典例详解

题型一 只需要分解一个物体的速度的绳的关联

例1 如图5-Z1-1所示,汽车以速度 v 向左匀速行驶,当汽车到达图示位置时,绳子与水平方向的夹角是 θ ,此时物体 M 的上升速度大小为多少?(结果用 v 和 θ 表示)

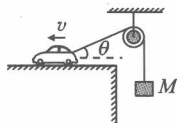


图5-Z1-1

解析:物体的真实运动即合运动,所以汽车水平向左的速度 v 为汽车的合速度,再根据效果将运动分解,汽车运动时引起了绳子的收缩和绕滑轮的转动,所以将汽

车的运动沿绳子收缩的方向和垂直于绳子的方向分解,如图5-Z1-2所示。根据平行四边形定则可得沿绳方向速率 $v_1 = v \cos \theta$,物体 M 上升的速率为 $v_1 = v \cos \theta$ 。

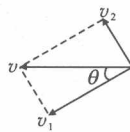


图5-Z1-2

答案: $v \cos \theta$

例2 对于绳子相连的物体,由于绳的弹力总是沿着绳的方向且绳子不可伸长,绳连物体的速度在绳子方向上的投影相等。所以,求绳连物体的速度关联问题时,首先要确定分解哪一个物体的速度(分解不沿绳子运动的那个物体的速度),然后找准这个物体的合运动(实际的运动),最后将其按照产生的两个实际效果的方向(沿绳子方向和垂直绳子方向)分解。

题型二 需要分解两个物体的速度的绳的关联

例2 如图5-Z1-3所示,水平面上有一汽车 A ,通过定滑轮用绳子拉同一水平面的物体 B ,当拉至所示位置时,两绳子与水平面的夹角分别为 α 、 β ,二者速度分别为 v_A 和 v_B ,则

()

A. $v_A : v_B = 1 : 1$

B. $v_A : v_B = \sin \alpha : \sin \beta$

C. $v_A : v_B = \cos \beta : \cos \alpha$

D. $v_A : v_B = \sin \alpha : \cos \beta$

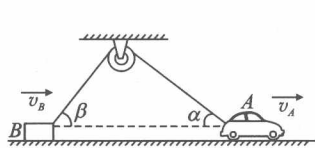


图5-Z1-3

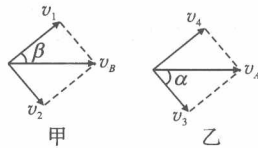


图5-Z1-4

解析:物体 B 实际的速度(合运动)水平向右,根据它的实际运动效果,两分运动分别为:沿绳收缩方向的分运动,设其速度为 v_1 ;垂直绳方向的圆周运动,设其速度为 v_2 ,如图5-Z1-4甲所示,则有: $v_1 = v_B \cos \beta$ ①

物体 A 实际的速度(合运动)水平向右,根据它的实际运动效果,两分运动分别为:沿绳收缩方向的分运动,设其速度为 v_3 ,垂直绳方向的圆周运动,设其速度为 v_4 ,如图5-Z1-4乙所示,则有: $v_3 = v_A \cos \alpha$ ②

又因二者沿绳子方向上的速度相等,则有: $v_1 = v_3$ ③

由①②③式得: $v_A : v_B = \cos \beta : \cos \alpha$ 。

答案:C

例3 与例1相比,例1只分解了一个物体的速度(车的速度),而例2分解了两个物体的速度。仔细分析不难发现,例1中物体 M 的速度沿着绳子,即与绳子速度相等,所以,只分解

了不沿绳子运动的那个物体(车)的速度,而例2中两个物体的速度都不沿绳子,所以两个物体的速度都需要分解。总之,对于绳子相连的物体,需要将两物体的速度分别沿绳子方向和垂直于绳子方向进行分解,根据两物体沿绳子方向的分速度相等从而使问题得以解决。

题型三 杆的关联问题

例3 如图5-Z1-5所示,杆AB沿墙滑下,当杆与水平面的夹角为 α ,B端的滑动速度为 v_B ,求A端的滑动速度 v_A 。

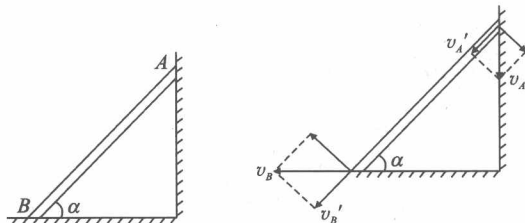


图5-Z1-5

图5-Z1-6

解析:将杆A、B两端点的速度进行分解,使其一个分量沿杆的方向,另一个分量垂直于杆的方向,利用沿杆方向的分速度相等即可求解。

如图5-Z1-6所示,分解 v_A 、 v_B 得

$$v_A' = v_A \sin \alpha, v_B' = v_B \cos \alpha.$$

利用 $v_A' = v_B'$ 得 $v_A \sin \alpha = v_B \cos \alpha$,所以 $v_A = v_B \cot \alpha$ 。

答案: $v_B \cot \alpha$

杆的关联问题与绳的关联问题类似,也需要将速度沿杆的方向和垂直于杆的方向分解,根据沿杆的方向分速度相等来求解。

题型四 相互接触的物体的速度关联问题

例4 如图5-Z1-7所示,将楔型木块B放在光滑水平面上靠墙边处并用手扶着,然后在木块和墙面之间放入一个小球A,楔型木块的倾角为 θ ,放手让小球和木块同时由静止开始运动,某一时刻二者速度分别为 v_A 和 v_B ,则 ()

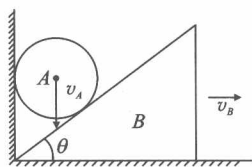


图5-Z1-7

- A. $v_A : v_B = 1 : 1$
 B. $v_A : v_B = \sin \theta : \cos \theta$
 C. $v_A : v_B = \cos \theta : \sin \theta$
 D. $v_A : v_B = \sin \theta : \tan \theta$

解析:小球A实际的速度 v_A (合运动的)竖直向下,它的运动有两个效果,一是沿斜面向下的运动,设其速度为 v_1 ,二是垂直斜面向下的运动,设其速度为 v_2 ,如图5-Z1-8甲所示,则有 $v_2 = v_A \cos \theta$ ①

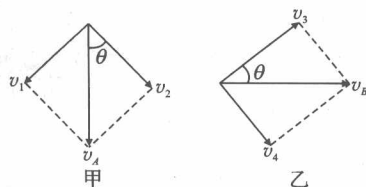


图5-Z1-8

楔型木块B实际的速度 v_B (合运动的)水平向右,它的运动也有两个效果,一是沿斜面向上的运动,设其速度为 v_3 ,二是垂直斜面向下的运动,设其速度为 v_4 ,如图5-Z1-8乙所示,则有: $v_4 = v_B \sin \theta$ ②

又因二者在垂直斜面方向上紧紧的挤压在一起,则它们在垂直斜面方向上的分速度相等,于是有: $v_2 = v_4$ ③

由①②③式得: $v_A : v_B = \sin \theta : \cos \theta$ 。

答案:B

关联物体系的组成,除了绳子相连之外还可以是直接相互接触的物体,求相互接触物体的速度关联问题时,与绳连的物体相似都需要找到二者在某一方向上速度相等,绳连物体的速度在绳子方向上的投影相等,相互接触的物体的速度在沿弹力的方向上的投影相等。所以,求解时首先要明确两接触的物体的速度,分析弹力的方向,然后将两物体的速度分别沿弹力的方向和垂直于弹力的方向进行分解,根据两物体沿弹力方向上的速度相等即可求出。

专题针对练习

1. 如图5-Z1-9所示,套在竖直细杆上的环A由跨过定滑轮的不可伸长的轻绳与重物B相连。由于B的质量较大,故在释放B后,A将沿杆上升,当A环上升至与定滑轮的连线处水平位置时,其上升速度 $v_A \neq 0$,若这时B的速度为 v_B ,则 ()

- A. $v_B > v_A$
 B. $v_B = v_A$
 C. $v_B = 0$
 D. $v_B < v_A$ 但 $v_B \neq 0$

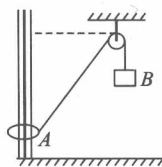


图5-Z1-9

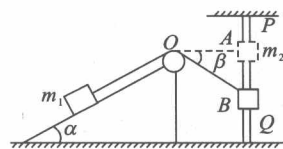


图5-Z1-10

2. 如图5-Z1-10所示,物块 m_1 和 m_2 用一不可伸长的轻绳通过定滑轮连接, m_1 放在倾角为 α 的固定斜面上, m_2 穿过竖直杆PQ可沿杆下滑,今若将 m_2 由位置A从静止释放,当落到位置B时, m_2 的速度为 v_0 ,且绳子与水平方向的夹角为 β ,则这时 m_1 的速度大小等于 ()

- A. $v_0 \cos \alpha$
 B. $v_0 \sin \alpha$
 C. $v_0 \sin \beta$
 D. $v_0 \cos \beta$

3. 如图5-Z1-11所示,一个半径为R的半球形的碗固定在桌面上,碗的内表面及碗口是光滑的,碗口水平,O点为其球心。一根轻质细线跨在碗口上,线的两端分别系有质量相等的小球A和

$B, m_A > m_B$, 开始时 A 球位于碗口, 由静止沿碗下滑, 当 A 球滑到碗底时, 二者速度分别为 v_A 和 v_B , 则 ()

- A. $v_A : v_B = 1 : 1$ B. $v_A : v_B = \sqrt{2} : 1$
C. $v_A : v_B = 1 : \sqrt{2}$ D. $v_A : v_B = \sqrt{2} : 2$

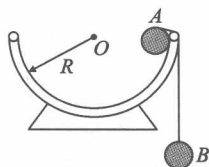


图 5-Z1-11

4. 如图 5-Z1-12 所示, 一根长为 L 的轻杆 OA , O 端用铰链固定, 轻杆靠在一个质量为 M 、高为 h 的物块上。若物块与地面的摩擦不计, 杆上 B 点垂直杆的速度为 v_2 , 此时杆与水平方向的夹角为 θ , 求此时物块向右运动的速度 v 。

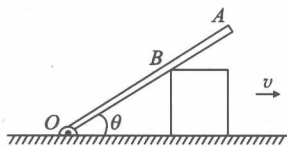


图 5-Z1-12

5. 如图 5-Z1-13 所示, A 、 B 两金属环用细线相连后, 分别套在两互成直角的水平光滑细杆和竖直光滑细杆上。今将细线拉直后使 A 和 B 从同一高度上都由静止释放, 当运动到使细线与水平方向成 30° 角时, A 和 B 的速度分别为 v_A 和 v_B , 求 v_A 和 v_B 的大小之比。(g 取 10 m/s^2)

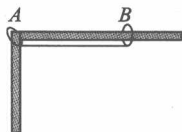


图 5-Z1-13

6. 一个半径为 R 的半圆柱体沿水平方向向右以速度 v_0 匀速运动。在半圆柱体上搁置一根竖直杆, 此杆只能沿竖直方向运动, 如图 5-Z1-14 所示。当杆与半圆柱体接触点 P 与柱心的连线与竖直方向的夹角为 θ 时, 求竖直杆运动的速度。

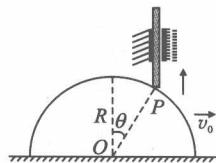


图 5-Z1-14

7. 如图 5-Z1-15 所示, A 、 B 两小球用轻杆连接, A 球只能沿内壁光滑的竖直滑槽运动, B 球处于光滑水平面内, 当杆滑到如图位置时, B 球水平速度为 v_B , 杆与竖直夹角为 θ , 求此时 A 球速度为多大?

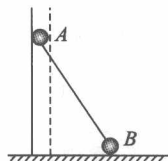


图 5-Z1-15