



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

经浙江省中小学教辅材料
评议委员会评议通过

全品智能作业

学·练·考

主编 肖德好

学习册

本册 主编 黄文俊

高中物理

必修第二册 RJ 浙江省

长江出版传媒

崇文书局

CONTENTS



第五章 抛体运动	001
1 曲线运动	001
2 运动的合成与分解	002
专题 小船渡河模型和关联速度模型	004
3 实验:探究平抛运动的特点	006
4 抛体运动的规律	008
第 1 课时 平抛运动及其规律/008	
第 2 课时 平抛运动的两个重要推论 一般的抛体运动/010	
专题 平抛运动与各种面结合问题	011
专题 抛体运动中的临界问题 类平抛运动	013
第六章 圆周运动	015
1 圆周运动	015
专题 圆周运动的传动问题和周期性问题	016
2 向心力	018
第 1 课时 向心力/018	
第 2 课时 实验:探究向心力大小的表达式/020	
3 向心加速度	021
4 生活中的圆周运动	022
专题 水平面内的圆周运动问题	024
专题 竖直面内的圆周运动问题	025

第七章 万有引力与宇宙航行	027
1 行星的运动	027
2 万有引力定律	029
3 万有引力理论的成就	030
专题 天体运行参量的分析与计算 重力与万有引力的关系	032
4 宇宙航行	034
专题 同步卫星及其综合问题	036
专题 卫星的变轨 双星问题 天体相距“最近”“最远”的问题	037
5 相对论时空观与牛顿力学的局限性	039
第八章 机械能守恒定律	041
1 功与功率	041
第 1 课时 功/041	
第 2 课时 功率/042	
专题 变力做功和机车启动问题	044
2 重力势能	046
3 动能和动能定理	048
专题 动能定理的应用	050
4 机械能守恒定律	051
专题 系统机械能守恒的应用	053
专题 动能定理和机械能守恒定律的综合应用	055
专题 功能关系综合应用	056
5 实验:验证机械能守恒定律	058
■ 参考答案	061

1 曲线运动

学习目标

1. 知道曲线运动的瞬时速度方向,能运用极限思想理解瞬时速度的方向,并会在轨迹图上画出某点的速度方向.
2. 理解曲线运动是变速运动,知道物体做曲线运动的条件.
3. 能运用牛顿第二定律和分解与合成的方法分析曲线运动,进一步理解运动与相互作用的观念.

教材精梳 筑根基

一、曲线运动的理解及其速度方向

1. 曲线运动

(1)定义:物体运动的_____是_____的运动.

(2)特点:

- ①轨迹是_____.
- ②曲线运动的_____时刻在改变.
- ③曲线运动一定是_____运动,但变速运动_____是曲线运动,如匀变速直线运动.

2. 曲线运动的速度方向

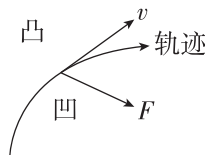
质点在某一点的速度方向,沿曲线在这一点点的_____.

二、物体做曲线运动的条件

1. 物体做曲线运动的条件

物体所受合力的方向与它的速度方向_____.

2. 轨迹、速度方向、合力方向三者不共线,合力指向轨迹的_____侧,轨迹夹在速度方向与合力方向之间.



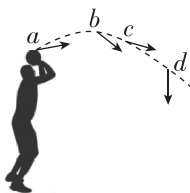
典例攻略 练技能

知识点一 曲线运动的理解及其速度方向

例1 下列关于质点做曲线运动的说法中正确的是 ()

- A. 曲线运动一定是匀变速运动
- B. 曲线运动一定是变加速运动
- C. 曲线运动轨迹上任一点的切线方向就是质点在这一点的瞬时速度方向
- D. 有些曲线运动也可能是匀速运动

例2 [2025·杭州高一期末] 如图所示,篮球从运动员手中被投出后,沿着一条优美的曲线飞行.用箭头标注篮球经过图中 a 、 b 、 c 、 d 四点时的速度方向.速度方向标注正确的是 ()



- A. a
- B. b
- C. c
- D. d

【要点总结】

1. 曲线运动的性质:速度是矢量,因为曲线运动的速度方向时刻在发生变化,所以曲线运动一定是变速运动.
2. 曲线运动是变速运动,就一定有加速度,当加速度恒定时为匀变速曲线运动,当加速度变化时为非匀变速曲线运动.

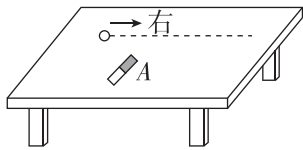
知识点二 物体做曲线运动的条件

例3 关于物体做曲线运动的条件,以下说法正确的是 ()

- A. 物体受变力作用时才做曲线运动
- B. 物体受方向不变的力作用时不可能做曲线运动
- C. 物体所受合力为零时不可能做曲线运动
- D. 物体受到的合力不为零时一定做曲线运动

例 4 [2026 · 宁波北仑中学高一月考] 如图所示,在光滑水平桌面上,小铁球沿直线向右运动.若在桌面上 A 处放一块磁铁,关于小铁球的运动,下列说法正确的是 ()

- A. 小铁球做匀速直线运动
- B. 小铁球做匀变速曲线运动
- C. 小铁球做匀加速直线运动
- D. 小铁球做变加速曲线运动



【要点总结】

物体做曲线运动的条件

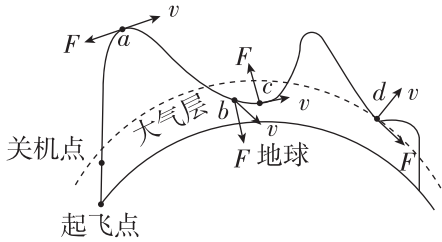
- (1)动力学条件:合力方向与速度方向不共线.这包含三个层次的内容:①初速度不为零;②合力不为零;③合力方向与速度方向不共线.
- (2)运动学条件:加速度方向与速度方向不共线.

知识点三 曲线运动特征

- (1)运动学特征:曲线运动一定为变速运动.
- (2)动力学特征:物体所受的合力一定不为零且和速度方向始终不在一条直线上(曲线运动条件).合力方向与速度方向成锐角时,物体做加速曲线运动;成钝角时,物体做减速曲线运动.
- (3)轨迹特征:曲线运动的轨迹始终夹在合力方向与速度方向之间,而且向合力的一侧弯曲,或

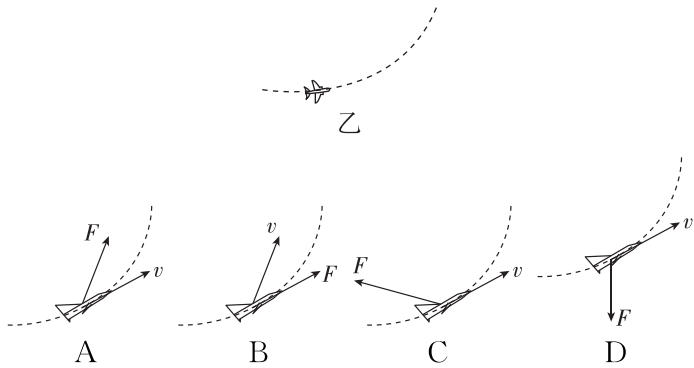
者说合力的方向总指向曲线的凹侧,轨迹只能平滑变化,不会出现折线.

例 5 [2026 · 金华高一期末] 某滑翔飞行器采用“助推—滑翔”弹道技术,由运载火箭发射至大气层边缘后,用类似打水漂的方式进行无动力弹道滑翔飞行,其轨迹如图所示.其中飞行器速度与所受合力方向可能正确的是 ()



- A. a 点
- B. b 点
- C. c 点
- D. d 点

例 6 [2025 · 温州高一期末] 某次飞行表演时飞机沿图示轨迹减速运动,则飞机所受合力方向与速度的关系可能是 ()



2 运动的合成与分解

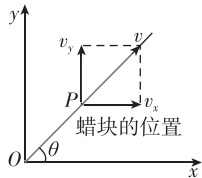
学习目标

- 1. 会根据研究问题的需要建立合适的平面直角坐标系,并用函数描述直线运动.
- 2. 理解合运动与分运动的概念,能对简单平面运动进行合成与分解.
- 3. 通过运动的合成与分解,初步体会把复杂运动分解为简单运动的物理思想,并能用这个思想解决类似的简单问题.

教材精梳 筑根基

一、一个平面运动的实例——观察蜡块的运动

1. 如图所示,以运动开始时蜡块的位置为原点,_____的方向和_____的方向分别为 x 轴和 y 轴的方向.



2. 蜡块沿玻璃管匀速上升的速度设为 v_y ,玻璃管向右匀速移动的速度设为 v_x .从蜡块开始运动的时刻计时,在 t 时刻,蜡块的位置 P 可以用它的 x 、 y 两个坐标表示,则有 $x =$ _____, $y =$ _____.

(续表)

等效性	各分运动的共同效果与合运动的效果
同体性	各分运动与合运动是_____物体的运动
独立性	各分运动之间互不相干,彼此独立,_____

3. 蜡块的运动轨迹

由以上两式可得 $y = \underline{\hspace{2cm}}$. 因为 v_y 、 v_x 都是常量, 所以蜡块的运动轨迹是一条 $\underline{\hspace{2cm}}$.

4. 蜡块运动的速度

(1) 蜡块运动的速度大小 $v = \underline{\hspace{2cm}}$.

(2) 蜡块运动的速度方向与 x 轴正方向夹角为 θ , 则 $\tan \theta = \underline{\hspace{2cm}}$.

二、运动的合成与分解

1. 合运动与分运动

(1) 如果物体同时参与了几个运动, 那么物体实际发生的运动就是 $\underline{\hspace{2cm}}$, 同时参与的几个运动就是 $\underline{\hspace{2cm}}$. (均选填“合运动”或“分运动”)

(2) 合运动与分运动的四个特性

等时性	各分运动与合运动同时发生和结束, 时间
-----	---------------------

2. 运动的合成与分解

(1) 由分运动求合运动的过程, 叫作运动的合成; $\underline{\hspace{2cm}}$ 的过程, 叫作运动的分解.

(2) 分解方法: 可以根据运动的实际效果分解, 也可以正交分解.

(3) 运动的合成与分解是指对位移、速度、加速度的合成与分解, 遵循平行四边形定则.

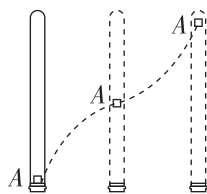
典例攻略 练技能

知识点一 一个平面运动的实例——观察蜡块的运动

例 1 [2025·余姚中学高一期中] 如图所示, 在一端封闭、长约 1 m 的玻璃管内注满清水, 水中放一个红蜡做的小圆柱体 A, 将玻璃管的开口端用橡胶塞塞紧, 把玻璃管倒置, 在蜡块相对玻璃管匀速上升的同时将玻璃管紧贴着黑板沿水平方向向右移动, 图中虚线为蜡块的实际运动轨迹, 关于蜡块的运动, 下列说法正确的是 ()

- A. 速度不断增大
- B. 速度先增大后减小
- C. 运动的加速度保持不变
- D. 运动的加速度先水平向左

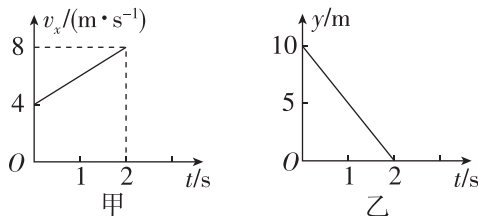
后水平向右



知识点二 运动的合成与分解

例 2 [2025·宁波中学高一期中] 某质点在 xOy 平面上运动, $t=0$ 时, 质点位于 y 轴上. 它在 x 方向运动速度—时间图像如图甲所示, 它在 y 方向的位移—时间图像如图乙所示. 有关

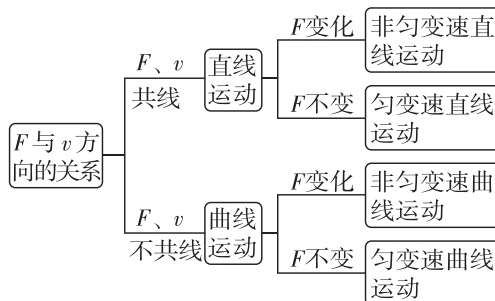
该质点的运动情况, 下列说法正确的是 ()



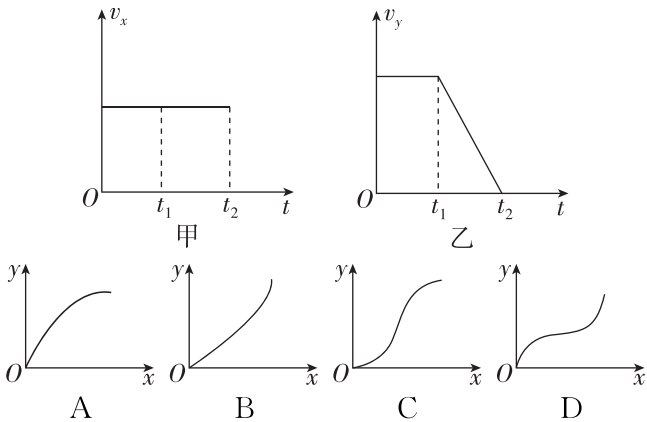
- A. 质点沿 y 轴正方向做匀速直线运动
- B. 质点所受合外力是变力
- C. 质点在 $t=1$ s 时速度大小为 $5\sqrt{2}$ m/s
- D. 质点在 $t=2$ s 时的位置坐标 (12 m, 0)

知识点三 合运动性质的判断

分析两个互成角度的直线运动的合运动的性质时, 应先求出合运动的合速度 v 和合力 F (或合加速度 a), 然后进行判断.



例 3 [2026·湖北武汉新洲一中高一月考] 有一架正在飞行的无人机,其在水平方向(以水平向右为 x 轴正方向)和竖直方向(以竖直向上为 y 轴正方向)的速度—时间图像分别如图甲、乙所示.则在 $0\sim t_2$ 时间内,该无人机的运动轨迹可能为()



例 4 塔式起重机是工程常用的机械之一,如图所示,它能实现竖直、水平和旋转运动,全方位搬运工程物料,大大地提高了工程的效率.观测发现,某一次从地面静止起吊包括吊钩在内共计 300 kg 物料,搬运过程中,竖直方向上物料在 $0\sim 4$ s 内以大小为 $a_1=1\text{ m/s}^2$ 的加速度匀加速向上运动, $4\sim 5$ s 内匀速向上运动;水平方向上物料在 $0\sim 2$ s 无运动, $2\sim 4$ s 以大小为 $a_2=0.5\text{ m/s}^2$ 的加速度匀加速向右运动, $4\sim 5$ s 匀速向右运动.塔架稳定不旋转,不计空气阻力,不考虑塔架和吊索晃动等因素,重力加速度 g 取 10 m/s^2 .求:

- (1)第 1 s 末吊索的拉力大小;
- (2)第 5 s 末物料离出发点的距离;
- (3)第 3 s 末吊索与竖直方向夹角的正切值.



【要点总结】

几种常见的运动合成情况

两个互成角度 ($0<\theta<180^\circ$)的分运动	合运动的性质
两个匀速直线运动	匀速直线运动
一个匀速直线运动、一个匀变速直线运动	匀变速曲线运动
两个初速度为零的匀加速直线运动	匀加速直线运动
两个初速度不为零的匀变速直线运动	若 $v_{\text{合}}$ 与 $a_{\text{合}}$ 共线,则为匀变速直线运动
	若 $v_{\text{合}}$ 与 $a_{\text{合}}$ 不共线,则为匀变速曲线运动

专题 小船渡河模型和关联速度模型

学习目标

1. 能利用运动的合成与分解的知识分析小船渡河问题.
2. 会分析小船渡河问题的两个分运动,会求渡河的最短时间和最短位移.
3. 能利用运动的合成与分解的知识,分析关联速度问题.
4. 掌握常见的绳关联模型和杆关联模型的速度分解的方法.

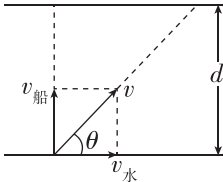
题型攻克 破难关

题型一 小船渡河模型

1. 渡河时间问题

(1)渡河时间 t 取决于河宽 d 及船沿垂直河岸方向上的速度大小,即 $t=\frac{d}{v_{\perp}}$.

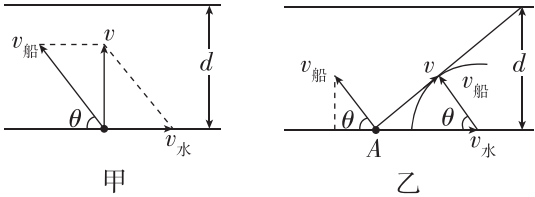
(2)若要渡河时间最短,只要使船头垂直于河岸航行即可,如图所示,此时 $t=\frac{d}{v_{\text{船}}}$.



请记住:要渡河时间最短,船头应垂直指向河对岸,即 $v_{\text{船}}$ 与水流方向垂直,渡河时间与 $v_{\text{水}}$ 无关.

2. 最短位移问题

(1)若 $v_{\text{水}} < v_{\text{船}}$,最短的位移为河宽 d ,船头与上游河岸夹角满足 $\cos \theta = \frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}$,如图甲所示.



(2)若 $v_{\text{水}} > v_{\text{船}}$,如图乙所示,从出发点 A 开始作矢量 $v_{\text{水}}$,再以 $v_{\text{水}}$ 末端为圆心、以 $v_{\text{船}}$ 的大小为半径画圆弧,自出发点 A 向圆弧作切线,船位移最小的合运动的方向沿切线方向.这时船头与河岸夹角 θ 满足 $\cos \theta = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}}$,最短位移 $x_{\text{短}} = \frac{d}{\cos \theta}$.

例 1 [2025 · 杭州高一期中] 一小船要渡过一条两岸平行的小河,已知船在静水中的速率 $v_1 = 8 \text{ m/s}$,河宽 $d = 200 \text{ m}$,河水的流动速度 $v_2 = 6 \text{ m/s}$. 已知 $\tan 53^\circ = \frac{4}{3}$.

- (1)若船的渡河时间最短,求船渡河的位移.
- (2)若船的渡河距离最短,求船渡河的时间.

【要点总结】

1. 解决小船渡河问题的关键是正确区分合运动与分运动. 沿船头指向方向的运动是分运动,船的实际运动是合运动,一般情况下与船头指向不共线.
2. 小船渡河时间最短与位移最短是两种不同的运动情境,时间最短时,位移不是最短.
3. 渡河最短时间与船随水漂流的速度大小无关,只要船头指向与河岸垂直,渡河时间即为最短.

题型二 关联速度模型

“关联速度”模型

(1)“关联速度”

关联体一般是两个或两个以上由轻绳或轻杆联系在一起,或直接挤压在一起的物体,它们的运动简称为关联运动. 一般情况下,在运动过程中,相互关联的两个物体不是都沿绳或杆运动的,即二者的速度通常不同,但却有某种联系,我们称二者的速度为“关联速度”.

(2)“关联速度”分解的步骤

①确定合运动的方向:物体实际运动的方向就是合运动的方向,即合速度的方向.

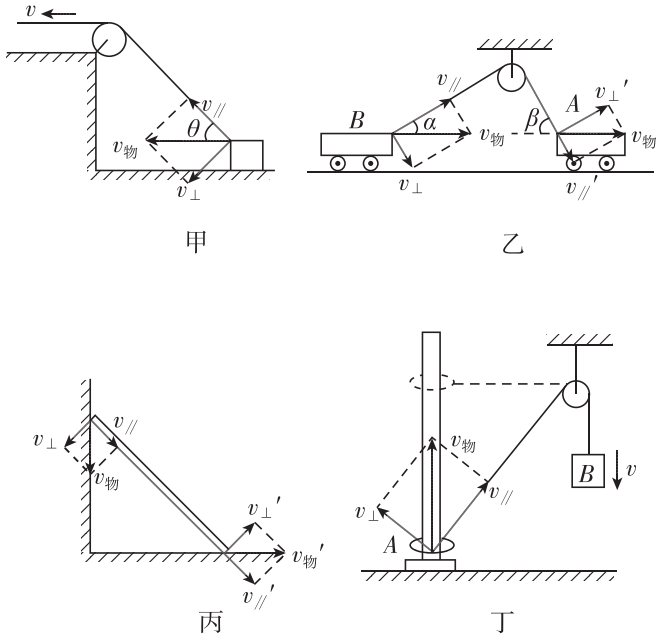
②确定合运动的两个效果.

用轻绳或可自由转动的轻杆连接的物体问题 $\rightarrow$ $\begin{cases} \text{效果 1: 沿绳或杆方向的运动} \\ \text{效果 2: 垂直绳或杆方向的运动} \end{cases}$

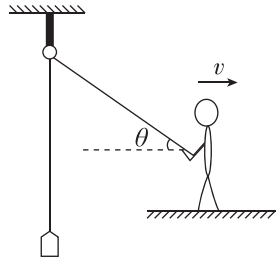
相互接触的物体问题 $\rightarrow$ $\begin{cases} \text{效果 1: 垂直接触面的运动} \\ \text{效果 2: 沿接触面的运动} \end{cases}$

③画出合运动与分运动的平行四边形,确定它们的大小关系.

(3)常见的模型(如图所示)



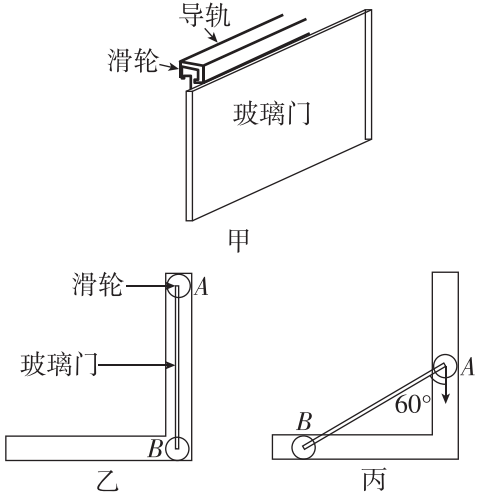
例2 [2025·温州高一期末] 建筑工人利用绳索提升货物的情景简化图如图所示. 绳索一端穿过固定光滑圆环连接货物, 另一端由工人拉住. 工人以速度 v 水平向右做匀速直线运动(保持手握绳索的高度不变). 当工人所拉绳索与水平方向夹角为 θ 时, 下列说法正确的是 ()



- A. 货物的速度大小为 $\frac{v}{\sin \theta}$
- B. 货物的速度大小为 $v \cos \theta$
- C. 绳索对货物的拉力等于货物的重力
- D. 绳索对货物的拉力小于货物的重力

例3 [2025·绍兴高一期末] 直角侧移门可以解决小户型浴室开关门不方便的问题, 其结构可简化成如图甲和图乙(俯视图)所示, 玻璃门两端的滑轮 A 、 B 通过一根可自由转动的轻杆

连接, 滑轮可沿直角导轨自由滑动, 已知滑轮可视为质点, 玻璃门的宽度为 $L = 1 \text{ m}$, 在某次关门的过程中, 使用者拉住把手使滑轮 A 从图乙所示位置由静止开始做加速度为 $a = 0.25 \text{ m/s}^2$ 的匀加速运动, 当玻璃门与滑轮 A 到达图丙所示位置时, 滑轮 B 的速度大小为 ()



- A. $\frac{\sqrt{3}}{6} \text{ m/s}$
- B. $\frac{\sqrt{3}}{4} \text{ m/s}$
- C. $\frac{1}{2} \text{ m/s}$
- D. $\frac{\sqrt{3}}{2} \text{ m/s}$

3 实验: 探究平抛运动的特点

学习目标	- 知道平抛运动的条件及相应控制方法, 会用获得位置的方法确定多个点, 并会描绘平抛运动的轨迹. - 会根据平抛运动的轨迹, 研究平抛运动水平和竖直分运动的特点. - 通过探究平抛运动特点的实验, 了解科学探究中获取及处理数据的方法.
--------------------	---

【实验思路】

- 思路: 把复杂的曲线运动分解为不同方向上的两个相对简单的直线运动.
- 平抛运动的分解方法
 - 平抛运动的特点: 物体是沿着水平方向抛出的, 在运动过程中只受到竖直向下的重力作用.
 - 分解方法: 分解为水平方向的分运动和竖直方向的分运动.

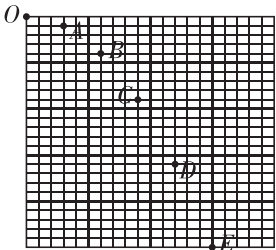
方案一 利用频闪照相或者录制视频的方法探究平抛运动

【实验步骤】

- 让小球从水平桌面上飞出, 在小球后面放置

带方格的黑板作为背景.

- 用频闪照相或者录制视频的方法, 记录物体在不同时刻的位置.



频闪照相法

- 以抛出点为坐标原点, 以初速度方向为 x 轴正方向、竖直向下为 y 轴正方向, 建立直角坐标系, 记录小球的水平位移和竖直位移.

4. 记录需要测量的数据,小球中心依次为 A、B、C、D、E、⋯,过 A、B、C、D、E、⋯点分别作 x 、 y 轴的垂线,在 x 、 y 轴上测量 OA 、 OB 、 OC 、 OD 、 OE 、⋯之间的距离,记为 x_{OA} 、 y_{OA} 等,填入表格.

	OA	OB	OC	OD	OE	⋯⋯
t	T	$2T$	$3T$	$4T$	$5T$	⋯⋯
x/mm						
y/mm						

5. 判断水平方向和竖直方向的运动.

(1)在误差允许的范围内,若 $x_{OA} = x_{AB} = x_{BC} = x_{CD} = x_{DE}$,则表明平抛运动的水平分运动为匀速直线运动.

(2)在误差允许的范围内,若 $y_{DE} - y_{CD} = y_{CD} - y_{BC} = y_{BC} - y_{AB} = y_{AB} - y_{OA}$,则根据 $(y_{DE} + y_{CD}) - (y_{BC} + y_{AB}) = 4aT^2$ (T 为频闪周期)可得加速度 a ,若 $a = g$ (g 为重力加速度),且 $y_{OA} : y_{AB} : y_{BC} : y_{CD} : y_{DE} = 1 : 3 : 5 : 7 : 9$,则表明平抛运动的竖直分运动为自由落体运动.

例 1 [2026·北仑中学高一月考] 如图所示为一小球做平抛运动时用频闪照相的方法获得的相片的一部分,图中背景小方格的边长为 5 cm,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,则:

(1)小球运动的初速度大小

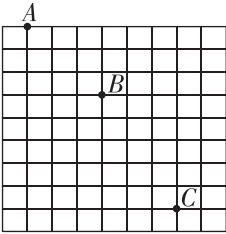
$v_0 =$ _____ m/s ;

(2)小球过 B 点的竖直方向

速度大小 $v_{By} =$ _____

_____ m/s ;

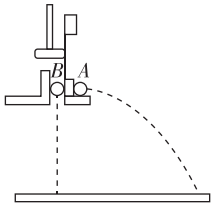
(3)图中 A 点 _____ (选填“是”或“不是”)平抛的起点.



方案二 利用平抛竖落仪和斜槽探究平抛运动

(一)探究平抛运动竖直分运动的特点

1. 把两个等大的金属小球放置在图中装置上.

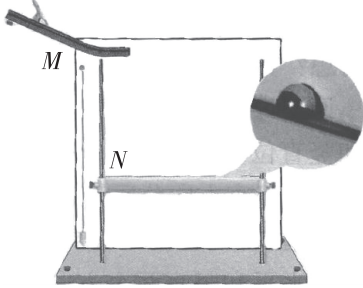


2. 用小锤击打弹性金属片,观察两球的运动轨迹,比较它们落地时间的先后.

3. 分别改变小球距离地面的高度和小锤击打的力度,多次重复实验,比较它们落地时间的先后.

4. 若两小球总是同时落地,则表明平抛运动的竖直分运动是自由落体运动.

(二)探究平抛运动水平分运动的特点



1. 将一张白纸和复写纸固定在装置的背板上.

2. 按照图示安装实验装置,使斜槽 M 末端水平.

3. 把斜槽末端上钢球球心位置投影在白纸上并标记为 O 点.

4. 使钢球从斜槽上同一位置由静止滚下,上下调节装置中的倾斜挡板 N,使钢球落到上面,钢球挤压复写纸,在白纸上留下印迹.

5. 上下调节挡板 N,重复步骤 4,在白纸上记录钢球所经过的多个位置.

6. 用平滑曲线把这些印迹连接起来,就得到钢球做平抛运动的轨迹.

7. 以 O 点为坐标原点,水平方向为 x 轴,竖直方向为 y 轴,建立平面直角坐标系.

8. 在钢球平抛运动轨迹上选取分布均匀的六个点——A、B、C、D、E、F,用刻度尺、三角板测出它们的坐标 (x, y) ,并记录在下面的表格中,

已知 g 值,利用公式 $y = \frac{1}{2}gt^2$ 和 $x = v_0t$,求出小球做平抛运动的初速度 v_0 ,最后算出 v_0 的平均值.

	A	B	C	D	E	F
x/mm						
y/mm						

(续表)

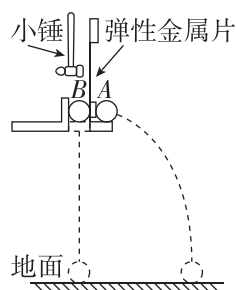
	A	B	C	D	E	F
$v_0/(m \cdot s^{-1})$						
v_0 的平均值 $/(m \cdot s^{-1})$						

【注意事项】

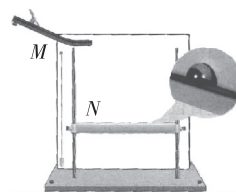
1. 平板必须处于竖直平面内,固定时要用铅垂线检查坐标纸竖线是否竖直.
2. 钢球每次必须从斜槽上同一位置由静止滚下.
3. 坐标原点不是槽口的端点,应是钢球在槽口时球心在平板上的投影点.
4. 钢球开始滚下的位置高度要适中,以使钢球做平抛运动的轨迹由坐标纸的左上角一直到达右下角为宜.
5. 应在轨迹上选取离坐标原点 O 较远的一些点来计算初速度.

例 2 [2026·衢州高一期末] 在“探究平抛运动的特点”的实验中,(1)用图甲装置进行实验,下列说法正确的是_____.

- A. 仅可判断 A 球竖直方向做自由落体运动
B. 仅可判断 A 球水平方向做匀速直线运动
C. 可判断 A 球竖直方向做自由落体运动,水平方向做匀速直线运动



甲

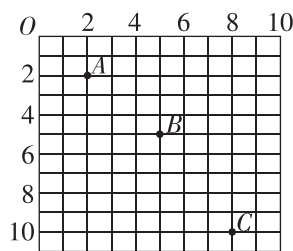


乙

(2)用图乙装置进行实验,下列说法正确的是_____.

- A. 每次释放钢球的位置可以不同
B. 调节挡板高度时必须等间距变化
C. 钢球运动时不应与背板上的白纸相接触
D. 在描绘钢球运动的轨迹时,需要用平滑的曲线将所有的点连接起来

(3)如图丙所示,某次实验中将白纸换成方格纸,每小格的边长 $L=5\text{ cm}$,实验记录了小球在运动中的 3 个点迹,则该小球做平抛运动的初速度大小为_____ m/s (g 取 10 m/s^2 ,计算结果保留两位有效数字).



丙

4 抛体运动的规律

第 1 课时 平抛运动及其规律

学习目标

1. 知道平抛运动的受力情况,会分析平抛运动.
2. 会确定平抛运动的速度、位移和运动轨迹.
3. 掌握平抛运动的规律,会用平抛运动的知识解决实际问题.

教材精梳 筑根基

一、抛体运动和平抛运动

1. 抛体运动

(1)定义:以_____将物体抛出,在空气阻力_____的情况下,物体只受_____作用的运动.

(2)条件:

- ①有一定的初速度;
- ②只受重力作用.

2. 平抛运动

(1)定义:初速度沿_____方向的抛体运动.

(2)特点:

- ①初速度沿_____方向;
- ②只受_____作用.

(3)平抛运动的性质:加速度为 g 的匀变速曲线运动.

二、平抛运动的速度

平抛运动的研究方法:

以速度 v_0 沿水平方向抛出一物体,以抛出点为原点,以初速度 v_0 的方向为 x 轴正方向,竖直向下的方向为 y 轴正方向,建立如图所示的平面直角坐标系.

(1)水平方向:物体不受力,加速度 $a_x =$ _____,

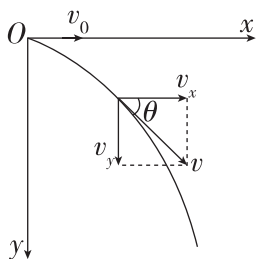
$v_x = v_0$.

(2)竖直方向:初速度是 0,物体只受重力,加速度 $a_y =$ _____, $v_y =$ _____.

(3)合速度

① 大小: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$.

② 方向: $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$ (θ 为 v 与 v_0 的夹角).



三、平抛运动的位移与轨迹

1. 做平抛运动的物体,以抛出点为原点,以初速度 v_0 的方向为 x 轴正方向,竖直向下为 y 轴正方向,建立平面直角坐标系,如图.运动时间 t 后,其水平位移:

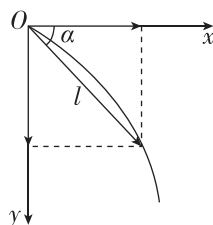
$x =$ _____.

竖直位移: $y = \frac{1}{2}gt^2$.

合位移大小: $l = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(v_0 t)^2 + \left(\frac{1}{2}gt^2\right)^2}$.

合位移方向: $\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$ (α 为位移与水平方向的夹角).

2. 轨迹方程: $y = \frac{g}{2v_0^2}x^2$, 平抛运动的轨迹是一条抛物线.



典例攻略 练技能

知识点一 对平抛运动的理解

例 1 [2025·杭州高一期中] 关于平抛运动,下列说法不正确的是 ()

- A. 平抛运动是一种在恒力作用下的曲线运动
- B. 平抛运动的速度方向与恒力方向的夹角保持不变
- C. 平抛运动的速度大小是时刻变化的
- D. 平抛运动的速度方向与加速度方向的夹角一定越来越小

知识点二 平抛运动的速度

例 2 [2026·舟山高一期中] 如图所示是用频闪照相的方法记录的做平抛运动的小球每隔相等的时间的位置图. 若不计空气阻力,当小球在不同位置时,下列说法正确的是 ()

- A. 加速度相同
- B. 速度水平分量大小不相等



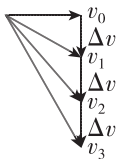
C. 速度大小相等

D. 速度竖直分量大小相等

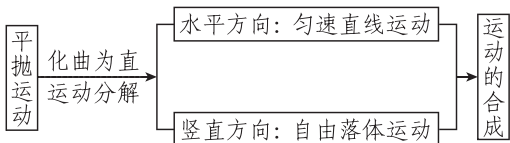
例 3 一小球自空中某点 O 水平抛出,途中经过 A 、 B 两点,已知小球经过 A 点时的速度与水平方向的夹角为 37° ,经过 B 点时的速度与水平方向的夹角为 53° . 小球从 A 运动到 B 的时间 $\Delta t = 0.7$ s. 不计空气阻力,重力加速度 g 取 10 m/s^2 , $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$,求小球的初速度 v_0 的大小及运动到 A 点的时间.

【要点总结】

1. 平抛运动的性质: 加速度为 g 的匀变速曲线运动.
2. 速度变化特点: 任意两个相等的时间间隔内速度的变化量相同, $\Delta v = g \Delta t$, 方向竖直向下, 如图所示.



3. 平抛运动的研究方法: 运动的分解与合成.

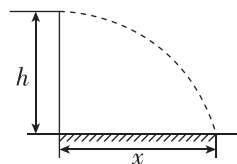


知识点三 平抛运动的位移与轨迹

例 4 [2025 · 杭州二中高一月考] 一人参加跑酷(人可视为质点, 不计空气阻力), 从高为 $h = 2.4 \text{ m}$ 的平台上以水平初速度 v_0 跳出, 落到距离平台右端 $x = \frac{8\sqrt{3}}{5} \text{ m}$ 处的地面, 此过程可视为平抛运动(g 取 10 m/s^2), 试求:

- (1) 人在空中做平抛运动的时间;
- (2) 人从平台上跳出的初速度 v_0 的大小;

(3) 人落地的速度.



【要点总结】

影响做平抛运动的物体的飞行时间、水平射程及落地速度的因素:

(1) 飞行时间: 由 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 得到运动时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 即平抛物体在空中的飞行时间仅取决于下落的高度 h , 与初速度 v_0 无关.

(2) 水平射程: $x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 即水平位移与初速度 v_0 和下落的高度 h 有关.

(3) 落地速度: $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$, 即 v 由 v_0 和 h 共同决定.

第 2 课时 平抛运动的两个重要推论 一般的抛体运动

学习目标	1. 掌握平抛运动的两个重要推论, 能运用推论解决相关问题. 2. 知道一般抛体运动的特点并掌握其分析方法. 3. 会利用一般抛体运动的规律解决斜上抛问题.
------	--

一般的抛体运动

1. 斜抛运动(以斜向上抛运动为例)的速度
水平速度: $v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta$.

竖直速度: $v_y = v_{0y} - gt =$ _____.

2. 斜抛运动(以斜向上抛运动为例)的位移
水平位移: $x = v_{0x} t = v_0 t \cos \theta$.

竖直位移: $y = v_{0y} t \sin \theta - \frac{1}{2}gt^2$.

3. 斜抛运动(以斜向上抛运动为例)的对称性特点

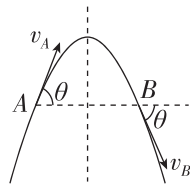
(1) 速度对称: 轨迹上关于过轨迹最高点的竖直

线对称的两点速度大小 _____, 水平方向速度相同, 竖直方向速度等大反向. 如图所示.

(2) 时间对称: 关于过轨迹最高点的竖直线对称的曲线上升时间 _____ 下降时间, 这是由竖直上抛运动的对称性决定的.

(3) 轨迹对称: 其运动轨迹关于过最高点的竖直线对称.

4. 由抛出点到最高点的过程可逆向看作 _____ 运动来分析.



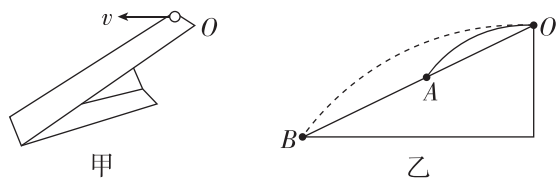
教材精梳 筑根基

知识点一 平抛运动的两个重要推论

推论 1. 平抛运动在任意时刻瞬时速度方向与水平方向的夹角 α 的正切值, 是位移方向与水平方向的夹角 θ 的正切值的 2 倍, 即 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$.

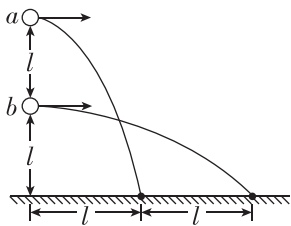
推论 2. 平抛运动在任意时刻的瞬时速度的反向延长线过水平位移的中点.

例 1 [2025 · 嘉兴高一期中] 如图甲所示, 某人先后两次由斜面体顶端的 O 点沿水平方向抛出小球, 这个过程可以简化为如图乙所示的模型, 第一次的落点为斜面体上的 A 点, 第二次的落点为斜面体上的 B 点, 小球可视为质点, 忽略空气阻力. 已知 $OB = 2OA$, 两次抛出小球的初速度分别用 v_A 、 v_B 表示, 小球落到斜面体上的速度与水平方向的夹角分别用 α 、 β 表示, 则 v_A : $v_B =$ _____, α : $\beta =$ _____.



例 2 [2025 · 温州高一期中] 如图, 某次投壶游戏时, 两箭分别从高度为 $2l$ 、 l 的 a 、 b 位置水平抛出, 落地时水平位移分别为 l 、 $2l$. 忽略空气阻力, 两箭都可以看作质点, 下列说法正确的是 ()

- A. a 、 b 两箭空中运动的位移相同
- B. a 、 b 两箭空中运动的平均速度大小相等
- C. 两箭落地时 a 箭速度与水平面夹角的正切值为 b 箭速度与水平面夹角的正切值的 4 倍



D. 要想两箭落到同一点, a 箭的初速度要变为原来的 $\sqrt{2}$ 倍

知识点二 一般的抛体运动

(1) 斜抛运动: 以一定的初速度将物体沿与水平方向成一定角度的方向抛出, 物体仅在重力作用下所做的曲线运动.

(2) 斜抛运动的性质: 斜抛运动是加速度恒为重力加速度 g 的匀变速曲线运动, 轨迹是抛物线.

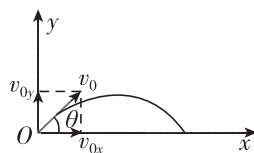
(3) 斜抛运动的基本规律 (以斜向上抛为例说明, 如图所示)

① 水平方向: $v_{0x} = v_0 \cos \theta$,

$F_{\text{合}x} = 0$.

② 竖直方向: $v_{0y} = v_0 \sin \theta$,

$F_{\text{合}y} = mg$.



(4) 斜抛运动可以看作是水平方向的匀速直线运动和竖直方向的竖直上抛 (或下抛) 运动的合运动.

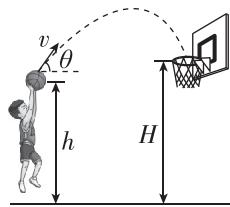
例 3 [2025 · 杭州高一期中] 如图所示, 某同学在篮球比赛中直入篮筐投中一个三分球, 其运动轨迹如图所示. 已知出手点的高度为 h , 篮筐的高度为 H , 篮球出手时的速度为 v , 与水平方向的夹角为 θ , 重力加速度为 g , 不计一切阻力, 则 ()

A. 篮球在最高点时的速度为 0

B. 篮球运动到最高点所需的时间为 $\frac{v}{g}$

C. 篮球能达到的最大高度为 $\frac{v^2 \sin^2 \theta}{2g} + H - h$

D. 篮球从出手到直入篮筐所用的运动时间为 $\frac{v \sin \theta + \sqrt{v^2 \sin^2 \theta - 2g(H-h)}}{g}$

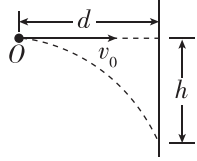


专题 平抛运动与各种面结合问题

学习目标

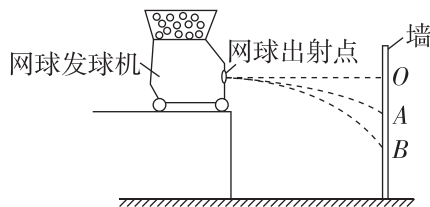
1. 进一步掌握平抛运动规律, 了解平抛运动与竖直面、斜面、曲面相结合问题的特点.
2. 熟练运用平抛运动规律解决相关问题.

题型一 与竖直面有关的平抛运动

图示	
定量关系	水平方向: $d = v_0 t$ 竖直方向: $h = \frac{1}{2} g t^2$

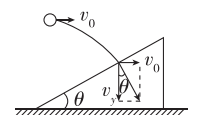
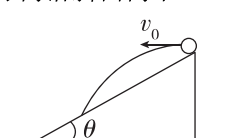
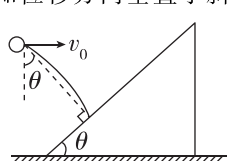
例 1 如图所示,网球发球机在距离墙 L 处将网球以不同的水平速度射出,使网球打到竖直墙上.已知墙上的 O 点与网球出射点等高, A 、 B 分别为两个击中心.忽略空气阻力,网球可看作

质点,且 $OA = AB$,要使原来击中 A 点的网球能击中 B 点,则网球发球机应沿水平方向向左移动 ()



- A. $\sqrt{2}L$ B. $(\sqrt{2}-1)L$
C. $\frac{\sqrt{2}}{2}L$ D. $(1-\frac{\sqrt{2}}{2})L$

题型二 与斜面有关的平抛运动

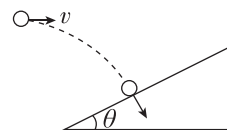
	情景示例	解题策略
已知速度方向	从斜面外平抛,垂直落在斜面上,如图所示,即已知速度的方向垂直于斜面 	分解速度 $\tan \theta = \frac{v_0}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$
已知位移方向	从斜面上平抛又落到斜面上,如图所示,即已知位移的方向沿斜面向下 	分解位移 $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$
	在斜面外平抛,落在斜面上位移最小,如图所示,即已知位移方向垂直于斜面 	分解位移 $\tan \theta = \frac{x}{y} = \frac{v_0 t}{\frac{1}{2}gt^2} = \frac{2v_0}{gt}$

例 2 如图所示,以 10 m/s 的水平速度抛出的物体,飞行一段时间后垂直撞在倾角为 $\theta = 30^\circ$ 的斜面上, g 取 10 m/s^2 ,以下结论正确的是 ()

- A. 物体的飞行时间是 $\sqrt{2} \text{ s}$
B. 物体的飞行时间是 2 s

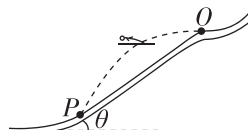
C. 物体撞击斜面时的速度大小为 20 m/s

D. 物体下降的距离是 10 m



例 3 [2025·温州高一期中] 穿着专用滑雪板的运动员在助滑道上获得一定速度后从跳台 O 处沿水平方向飞出,身体前倾与滑雪板尽量平行,在空中飞行一段距离后落在倾斜雪道上的 P 处,简化图如图所示, OP 为倾斜直雪道,与水平方向夹角 $\theta = 37^\circ$,测得 O 、 P 间的距离 $L = 100 \text{ m}$,不计空气阻力,运动员及滑雪板可视为质点,重力加速度 g 取 10 m/s^2 , $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$. 求:

- (1) 运动员在空中飞行的时间;
(2) 运动员从 O 处飞出的速度大小;
(3) 运动员在空中离倾斜直雪道距离最远时的速度大小.(结果均可用根号及分式表示)



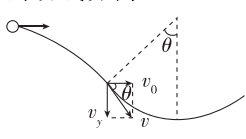
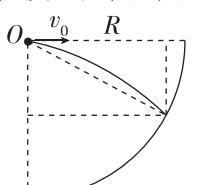
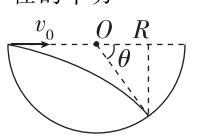
【要点总结】

求解平抛运动与斜面相结合问题的方法

(1)物体以不同初速度从斜面上平抛又落到斜面上时,位移方向、速度方向以及速度方向与斜面的夹角均相同.

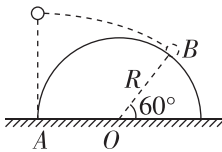
(2)对于垂直打在斜面上的平抛运动,画出速度分解图;
对于重新落在斜面上的平抛运动,画出位移分解图.
(3)确定合速度(或合位移)与水平方向的夹角,利用夹角确定各分速度(或分位移)之间的关系.

题型三 与圆弧面有关的平抛运动

	情景示例	解题策略
已知速度方向	从圆弧形轨道外平抛,恰好无碰撞地进入圆弧形轨道,如图所示,即已知速度方向沿该点圆弧的切线方向 	分解速度 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$
利用位移关系	从圆心处抛出落到半径为 R 的圆弧上,如图所示,位移大小等于半径 R 	$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2} g t^2 \\ x^2 + y^2 = R^2 \end{cases}$
	从与圆心等高的圆弧上抛出落到半径为 R 的圆弧上,如图所示,水平位移 x 与 R 的差的平方与竖直位移的平方之和等于半径的平方 	$\begin{cases} x = R + R \cos \theta \\ x = v_0 t \\ y = R \sin \theta = \frac{1}{2} g t^2 \\ (x - R)^2 + y^2 = R^2 \end{cases}$

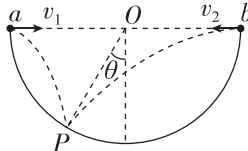
例 4 如图所示,一小球从一半圆轨道左端 A 点正上方某处开始做平抛运动(小球可视为质点),飞行过程中恰好与半圆轨道相切于 B 点. O 为半圆轨道圆心,半圆轨道半径为 R,OB 与水平方向夹角为 60° ,重力加速度为 g,则小球抛出时的初速度为 ()

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



例 5 [2025·杭州高一期中] 如图所示,半圆形轨道竖直放置,在轨道水平直径的两端,先后以速度 v_1 、 v_2 水平抛出 a、b 两个小球,两球均落在轨道上的 P 点,OP 与竖直方向所成夹角 $\theta = 30^\circ$. 设两球落在 P 点时速度与竖直方向的夹角分别为 α 、 β ,则 ()

- A. $v_2 = 2v_1$
B. $v_2 = 3v_1$
C. $\tan \alpha = 3 \tan \beta$
D. b 球落到 P 点时速度方向的反向延长线经过 O 点



专题 抛体运动中的临界问题 类平抛运动

学习目标	1. 熟练运用抛体运动规律分析解决抛体运动的临界问题. 2. 掌握类平抛运动的特点,能用平抛运动的分析方法分析类平抛运动.
------	--

题型攻克 破难关

题型一 抛体运动中的临界问题

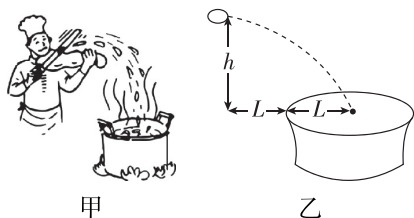
与抛体运动相关的临界情况

(1)有些题目中“刚好”“恰好”“正好”等字眼,明显表明题述的过程中存在临界点.

(2)如题目中有“取值范围”“多长时间”“多大距离”等词语,表明题述过程中存在着“起止点”,而这些“起止点”往往就是临界点.

(3)若题目中有“最大”“最小”“至多”“至少”等字眼,表明题述过程中存在着极值,这些极值往往也是临界点.

例 1 中国的面食文化博大精深,种类繁多,其中“山西刀削面”堪称天下一绝,如图甲所示,传统的操作手法是一手托面,一手拿刀,直接将面削到开水锅里.如图乙所示,小面圈刚被削离时距开水锅的高度为 h ,与锅沿的水平距离为 L ,锅的半径也为 L ,将削出的小面圈的运动视为平抛运动,且小面圈都落入锅中,重力加速度为 g ,忽略空气阻力,则下列关于所有小面圈在空中运动的描述错误的是 ()



- A. 运动的时间都相同
- B. 速度的变化量都相同
- C. 落入锅中时,最大速度是最小速度的 3 倍
- D. 若初速度为 v_0 ,则 $L\sqrt{\frac{g}{2h}} < v_0 < 3L\sqrt{\frac{g}{2h}}$

题型二 类平抛运动

1. 类平抛运动的分析

做类平抛运动的物体的受力特点和运动特点类似于平抛运动,即受到一个恒定的外力且外力与初速度方向垂直,物体做匀变速曲线运动.

(1)受力特点:物体所受合力为恒力,且与初速度的方向垂直.

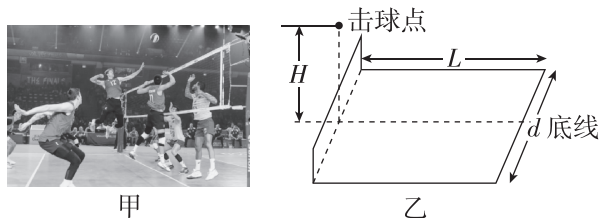
(2)运动特点:沿初速度 v_0 的方向做匀速直线运动,沿合力方向做初速度为零的匀加速直线运动.

2. 求解方法

(1)常规分解法:将类平抛运动分解为沿初速度方向的匀速直线运动和垂直于初速度方向(即沿合力方向)的匀加速直线运动.

(2)特殊分解法:对于有些问题,可以过抛出点建立适当的直角坐标系,将加速度 a 分解为 a_x 、 a_y ,初速度 v_0 分解为 v_x 、 v_y ,然后分别在 x 、 y 方向上列方程求解.

例 2 如图甲、乙所示,运动员在球网中点正上方距地面 H 处将球沿水平方向击出,已知底线到网的距离为 L ,场地宽度为 d ,重力加速度为 g ,不计空气阻力与边线宽度,下列说法正确的是 ()



- A. 运动过程中球的速度和加速度时刻在改变
- B. 球从击球点至恰好落到底线上的最小位移等于 L
- C. 击球速度大于 $L\sqrt{\frac{g}{2H}}$ 就会出界
- D. 球从被击出至落地的时间与击球速度大小无关

【要点总结】

平抛运动临界问题的分析方法

(1)确定研究对象的运动性质.

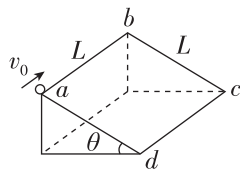
(2)根据题意确定临界状态.

(3)确定临界轨迹,画出轨迹示意图.

(4)应用平抛运动的规律,结合临界条件列方程求解.

例 3 如图所示,光滑的斜面 $abcd$ 是边长为 L 的正方形,其倾角 θ 为未知量,在 a 点给小球(可视为质点)一个由 a 指向 b 的初速度 v_0 ,小球沿斜面运动到 c 点,重力加速度为 g ,空气阻力不计.下列说法正确的是 ()

- A. 小球从 a 到 c 的运动时间为 $\frac{2L}{v_0}$
- B. 小球从 a 到 c 的平均速度大小为 $2v_0$



- C. 斜面倾角 θ 的正弦值为 $\frac{2v_0^2}{gL}$
- D. 小球在 c 点时速度方向与 cd 边夹角的正切值为 $\frac{\sqrt{5}}{2}$

[反思感悟]