



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30⁺年专注教育行业

全品学练考

主编 肖德好

导学案

高中物理

必修第二册 RJ

浙江省

数智教辅

索取二维码
贴此处
激活享受服务

-全品AI学伴-
7×24小时有问必答
高效预复习，吃透每一课

天津出版传媒集团
天津人民出版社

CONTENTS

目录 | 导学案

05 第五章 抛体运动

PART FIVE

1 曲线运动	115
2 运动的合成与分解	117
专题课:运动的合成与分解常见模型	120
3 实验:探究平抛运动的特点	123
4 抛体运动的规律	126
第1课时 平抛运动的规律	126
第2课时 平抛运动的两个重要推论 一般的抛体运动	128
专题课:平抛运动与各种面结合问题	130
专题课:平抛运动中的临界问题 类平抛运动	133

06 第六章 圆周运动

PART SIX

1 圆周运动	136
2 向心力	139
第1课时 向心力 实验:探究向心力大小的表达式	139
第2课时 向心力的分析与计算	142
3 向心加速度	144
4 生活中的圆周运动	146
专题课:竖直平面内的圆周运动临界问题	149
专题课:水平面内的圆周运动临界问题	151

1 行星的运动	154
2 万有引力定律	156
3 万有引力理论的成就	159
专题课:天体运行参量的分析与计算 重力与万有引力的关系	161
4 宇宙航行	163
专题课:同步卫星综合问题	166
专题课:卫星的变轨 双星和多星问题	168
5 相对论时空观与牛顿力学的局限性	172

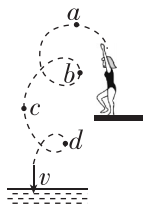
1 功与功率	174
第 1 课时 功	174
第 2 课时 功率	178
专题课:机车启动问题	180
2 重力势能	183
3 动能和动能定理	186
专题课:动能定理的应用	189
4 机械能守恒定律	192
专题课:系统机械能守恒的应用	195
专题课:动能定理与机械能守恒定律的综合应用	198
专题课:功能关系及其应用	201
5 实验:验证机械能守恒定律	205



学习任务一 曲线运动的理解及其速度方向

B. 速度方向发生变化的运动一定是曲线运动

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.



(3)物体所受的合力方向与速度方向不在同一直线上时,一定做曲线运动. ()

例 3 关于物体做曲线运动的条件,以下说法正确的是 ()

- A. 物体受到的合力不为零,物体一定做曲线运动
- B. 物体受到的合力不为恒力,物体一定做曲线运动
- C. 初速度不为零,加速度也不为零,物体一定做曲线运动
- D. 初速度不为零,且受到与初速度方向不在同一条直线上的合力作用,物体一定做曲线运动

例 4 如图所示,被击出的排球在空中划出一道优美的弧线.在沿弧线运动的过程中,排球所受合力 ()



- A. 大小可能为零
- B. 方向与速度方向相同
- C. 方向与速度方向相反
- D. 方向与速度方向不在同一直线上

变式 1 (多选)质点在 F_1 、 F_2 、 F_3 三个恒力的共同作用下处于平衡状态,若突然撤去 F_1 ,则质点 ()

- A. 一定做匀变速运动
- B. 可能做曲线运动
- C. 一定做非匀变速运动
- D. 一定做加速运动

[反思感悟]

【要点总结】

1. 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.

2. 简单运动的分类

$F(a)$ 与 v 的方向	轨迹特点	加速度特点	运动性质
共线	直线	恒定	匀变速直线运动
		不恒定	非匀变速直线运动
不共线	曲线	恒定	匀变速曲线运动
		不恒定	非匀变速曲线运动

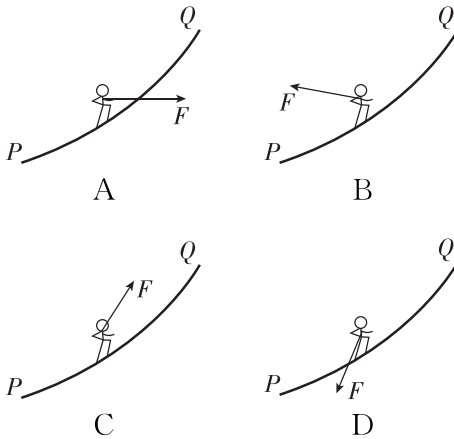
学习任务三 物体运动轨迹、速度与受力(加速度)的互判

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.

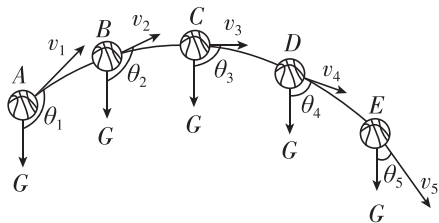
例 5 [2026·温州高一期中] 在速度轮滑比赛中,如图所示,曲线 PQ 为正常运动路线的弯道,为了保证顺利转弯,某运动员从 P 到 Q 采取

弯道减速通过,图中 F 表示运动员受到合力的四种方向,其中可能的是 ()



[反思感悟]

变式 2 (多选) 观察图中抛出去的篮球(忽略空气阻力), C 为轨迹最高点, 则下列说法中正确的是 ()

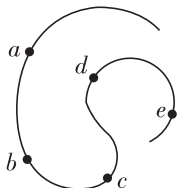


- A. 篮球在 E 点的速度比在 D 点的速度大
- B. 篮球在 A 点的加速度方向与速度的夹角小于 90°
- C. 篮球在 A 点的加速度与在 E 点的加速度相同
- D. 篮球从 A 到 E 过程中, 速度先减小后增大

// 随堂巩固 //

1. (曲线运动的速度方向) 如图所示, 一辆汽车沿着弯曲的水平公路行驶, 依次通过公路上的 a 、 b 、 c 、 d 、 e 各位置, 其中汽车速度方向与它在 e 位置的速度方向大致相同的是 ()

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

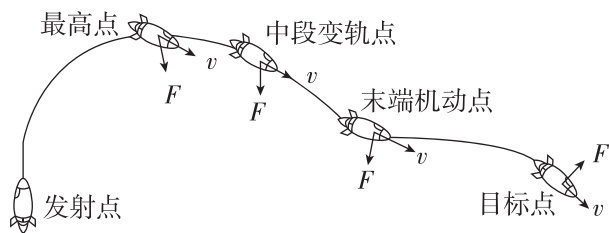


2. (物体做曲线运动的条件) (多选) [2026 · 宁波中学高一期中] 一物体只在力 F 的作用下, 其运动轨迹可能是直线也可能是曲线, 下列说法正确的是 ()

- A. 若 F 为恒力, 物体的初速度为零, 则物体一定做直线运动
- B. 若 F 为恒力, 物体的初速度不为零, 则物体可能做直线运动也可能做曲线运动

- C. 若 F 为变力, 物体的初速度为零, 则物体一定做直线运动
- D. 若 F 为变力, 物体的初速度不为零, 则物体一定做曲线运动

3. (物体运动轨迹、速度与受力的互判) [2025 · 杭州高一期中] 如图所示, 钱学森上世纪 40 年代提出“助推—滑翔”弹道设想分析导弹运行轨迹图示, 其中导弹在各点的速度 v 和合外力 F 关系可能正确的是 ()



- A. 目标点
- B. 中段变轨点
- C. 末端机动点
- D. 最高点

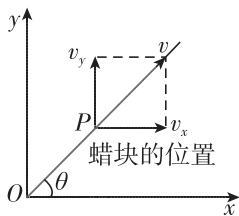
2 运动的合成与分解

学习任务一 一个平面运动的实例——观察蜡块的运动

[教材链接] 阅读教材, 完成下列填空:

(1) 建立直角坐标系

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: $x = \underline{\hspace{2cm}}$, $y = \underline{\hspace{2cm}}$.

(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 _____.

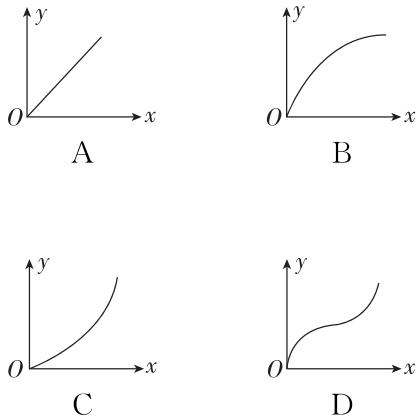
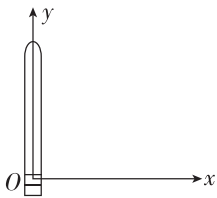
(4)蜡块运动的速度

- 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 $\tan \theta = \underline{\hspace{2cm}}$.

【辨别明理】

- (1)蜡块参与的竖直方向和水平方向的两个运动都是分运动. ()
- (2)蜡块的两个分运动具有“等时性”. ()
- (3)无论在竖直方向和水平方向怎样运动,蜡块的实际运动轨迹都是直线. ()

例 1 [2026·温州高一期中] 如图所示是演示小蜡块在玻璃管中运动规律的装置. 现让玻璃管沿水平方向做初速度为零的匀加速直线运动,同时小蜡块从 O 点开始沿竖直玻璃管向上做匀速直线运动,那么能够大致反映小蜡块运动轨迹的是 ()



【要点总结】

1. 在教材实验中,蜡块同时参与了两个运动——在竖直方向上蜡块沿玻璃管向上运动,在水平方向上蜡块随着玻璃管向右运动,这两个运动都叫作分运动,而蜡块的实际运动,即相对于黑板向右上方的运动,被称为合运动.
2. 对合运动与分运动关系的理解

同一性	分运动与合运动对应同一物体
独立性	一个物体同时参与两个(或多个)分运动,分运动之间互不影响
等时性	分运动总是同时开始,同时结束
等效性	各分运动叠加起来与合运动有相同的效果,可以相互替代

学习任务二 运动的合成与分解

【教材链接】阅读教材,完成下列填空:

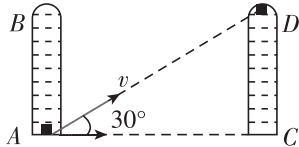
- (1)由分运动求合运动的过程叫 合成,由合运动求分运动的过程叫 分解. 运动的合成与分解包括 速度的合成与分解 和 位移的合成与分解.
- (2)运动的合成与分解应遵从 平行四边形定则.

【辨别明理】

- (1)合运动的速度一定比分运动的速度大. ()
- (2)由两个分速度的大小就可以确定合速度的大小. ()
- (3)分运动的速度、位移、加速度与合运动的速度、位移、加速度间满足平行四边形定则. ()

例 2 [2025·杭州高级中学高一月考] 竖直放置的两端封闭的玻璃管中注满清水,内有一个

蜡块能在水中以 0.1 m/s 的速度匀速上浮. 在蜡块从玻璃管的底端匀速上浮的同时,使玻璃管沿水平方向匀速向右运动,测得蜡块实际运动方向与水平方向成 30° 角,如图所示. 若玻璃管的长度为 1.0 m ,则在蜡块从玻璃管底端上升到顶端的过程中,玻璃管沿水平方向移动的速度大小和水平运动的距离分别为 ()



- A. 0.1 m/s 和 1.73 m
- B. 0.173 m/s 和 1.0 m
- C. 0.173 m/s 和 1.73 m
- D. 0.1 m/s 和 1.0 m

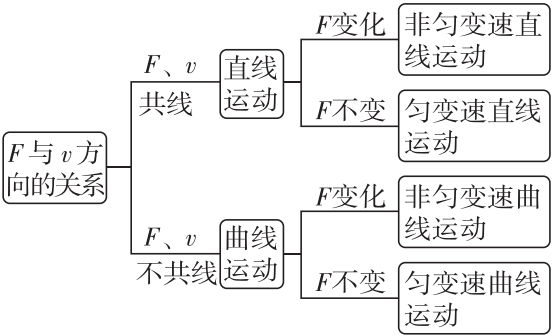
例 3 某商场设有步行楼梯和自动扶梯. 步行楼梯每级的高度是 0.15 m , 自动扶梯与水平面的夹角为 30° , 自动扶梯前进的速度是 0.60 m/s . 甲、乙两位顾客, 分别从自动扶梯和步行楼梯的起点同时上楼, 甲在自动扶梯上站立不动, 乙在步行楼梯上以每秒上两个台阶的速度匀速上楼. 则 ()

- A. 甲、乙上楼的时间一定相等
- B. 甲、乙上楼的速度大小一定相同
- C. 甲、乙上楼的位移大小一定相同
- D. 甲上楼速度大小为 0.3 m/s



学习任务三 合运动性质的判断

[科学思维] 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 (合加速度 a), 然后进行判断.



例 4 (多选) 有两个不在一条直线上的分运动 a 、 b , 它们的合运动为 c , 则下列说法正确的是 ()

- A. 若 a 、 b 的轨迹为直线, 则 c 的轨迹必为直线
- B. 若 c 的轨迹为直线, 则 a 、 b 必为匀速运动
- C. 若 a 为匀速直线运动, b 为匀速直线运动, 则 c 必为匀速直线运动
- D. 若 a 、 b 均为初速度为零的匀变速直线运动, 则 c 必为匀变速直线运动

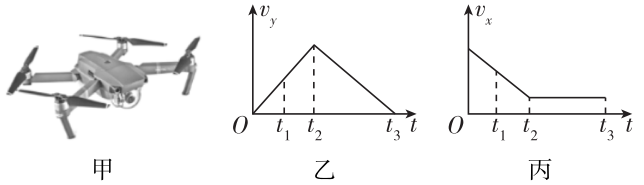
[反思感悟] _____

例 5 一物体运动规律是 $x = 3t + 3t^2(\text{m})$, $y = 4t^2(\text{m})$, 则下列说法中正确的是 ()

- A. 物体在 x 轴和 y 轴方向上都是做初速度为零的匀加速直线运动
- B. 物体的合运动是初速度为零、加速度为 5 m/s^2 的匀加速直线运动

- C. 物体的合运动是初速度为零、加速度为 10 m/s^2 的匀加速直线运动
- D. 物体的合运动是加速度为 10 m/s^2 的曲线运动

变式 如图甲所示的某台无人机上升、向前追踪拍摄的飞行过程中竖直方向上的速度 v_y 及水平方向上的速度 v_x 与飞行时间 t 的关系图像如图乙和丙所示. 下列说法正确的是 ()



- A. 无人机在 t_1 时刻处于失重状态
- B. 无人机在 $0 \sim t_2$ 这段时间内沿直线飞行
- C. 无人机在 t_2 时刻上升至最高点
- D. 无人机在 $t_2 \sim t_3$ 时间内做匀变速运动

【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

// 随堂巩固 //

1. (对运动的合成与分解的理解)有关运动的合成,下列说法中正确的是 ()

- A. 两个直线运动的合运动一定是直线运动
- B. 两个不在同一直线上的匀速直线运动的合运动一定是匀速直线运动
- C. 两个初速度不为零的匀加速直线运动的合运动一定是匀加速直线运动
- D. 一个匀加速直线运动和一个匀速直线运动的合运动一定是匀加速直线运动

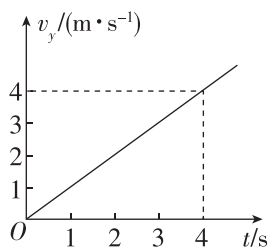
2. (两个直线运动的合成)如图所示,飞机与货物以 4 m/s 的速度水平匀速飞行,同时以 3 m/s 的速度匀速收拢绳索将货物接到飞机里,绳索始终竖直,该过程中 ()



- A. 绳索的拉力大于货物的重力
- B. 货物相对地面做曲线运动
- C. 货物的速度大小为 7 m/s
- D. 货物的速度大小为 5 m/s

3. (两个直线运动的合成)某质量 $m = 0.1 \text{ kg}$ 的质点在 x 轴正方向做速度 $v_0 = 4 \text{ m/s}$ 的匀速直线运动,在 y 轴方向的速度—时间关系如图所示,则下列说法正确的是 ()

- A. 该质点做匀变速直线运动
- B. 该质点在 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内的位移大小为 $8\sqrt{5} \text{ m}$
- C. 该质点在 4 s 末的速度大小为 4 m/s
- D. 该质点所受合外力恒为 0.2 N



专题课:运动的合成与分解常见模型

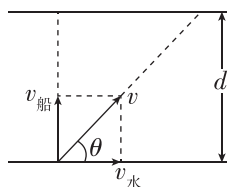
题型一 小船渡河问题

[模型建构]

(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 $t = \frac{d}{v_{\text{船}}}$.

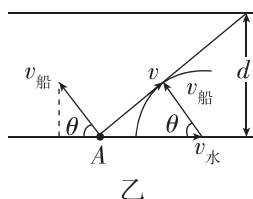
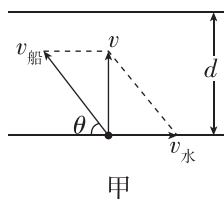


请记住:要渡河时间最短,船头应垂直指向河对岸,即 $v_{\text{船}}$ 与水流方向垂直,渡河时间与 $v_{\text{水}}$ 无关.

(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 向圆弧作切线即为船位移最小时的合运动的方向.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 $x_{\text{短}} = \frac{d}{\cos \theta}$.



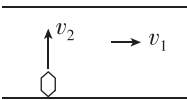
例 1 已知某船在静水中的速度为 $v_1 = 4 \text{ m/s}$,现让船渡过某条河,假设这条河的两岸是理想的平行线,河宽为 $d = 100 \text{ m}$,水流速度为 $v_2 = 3 \text{ m/s}$ 且方向与河岸平行.

(1)欲使船以最短时间渡河,船头应朝什么方向?最短时间是多少?船发生的位移是多大?

(2)欲使船以最小位移渡河,船头应朝什么方向? 渡河所用时间是多少?

变式 1 [2026·杭州高一期末] 如图所示,某小船船头垂直河岸渡河,已知该段河宽为 300 m,河水流速为 $v_1 = 3 \text{ m/s}$,船在静水中的速度为 $v_2 = 5 \text{ m/s}$,下列说法正确的是 ()

- A. 小船做曲线运动
- B. 小船渡河所用时间为 60 s
- C. 小船的速度大小为 4 m/s
- D. 小船渡河的位移大小为 300 m



变式 2 [2025·浙江工业大学附属德清高级中学高一月考] 一小船在静水中的速度大小为 3 m/s,它在一条河宽为 150 m、流速为 5 m/s 的河流中渡河,则下列说法正确的是 ()

- A. 小船渡河时间不少于 60 s
- B. 小船以最短时间渡河时,它沿水流方向的位移大小为 150 m
- C. 小船以最短位移渡河时,位移大小为 250 m
- D. 小船以最短位移渡河时,时间为 60 s

【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 关联速度问题

【物理建模】“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.

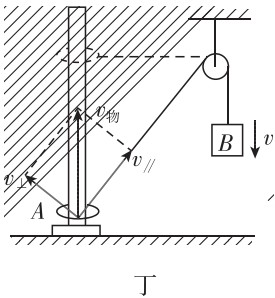
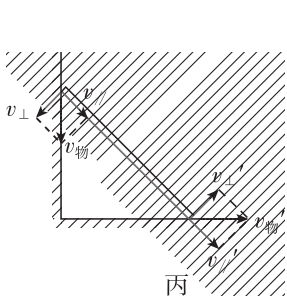
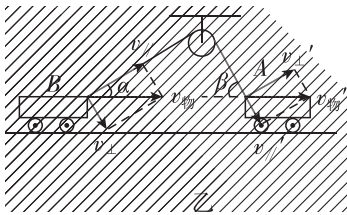
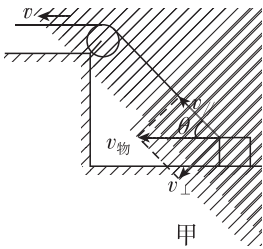
②确定合运动的两个效果.

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 $\rightarrow$ $\begin{cases} \text{效果 1:垂直接触面的运动} \\ \text{效果 2:沿接触面的运动} \end{cases}$

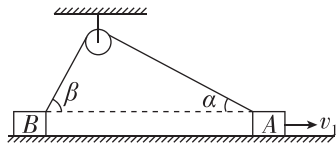
③画出合运动与分运动的平行四边形,确定它们的大小关系.

(3)常见的模型(如图甲、乙、丙、丁所示)

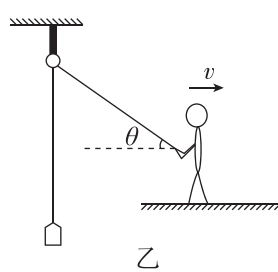


例2 [2026·杭州高一期中] 在水平面上有A、B两物体,通过一根跨过定滑轮的轻绳相连,现A物体以速度 v_1 向右匀速运动,当绳被拉成与水平面的夹角分别为 α 、 β 时(如图所示),B物体的运动速度 v_B 为(绳始终有拉力) ()

- A. $\frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta}$
 B. $\frac{v_1 \cos \alpha}{\sin \beta}$
 C. $\frac{v_1 \sin \alpha}{\cos \beta}$
 D. $\frac{v_1 \cos \alpha}{\cos \beta}$



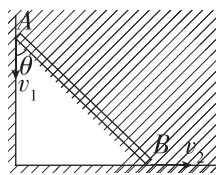
变式3 [2025·温州高一期末] 建筑工人利用绳索提升货物的情景简化如图乙所示. 绳索一端穿过固定光滑圆环连接货物, 另一端由工人拉住. 工人以速度 v 沿水平向右做匀速直线运动(保持手握绳索的高度不变). 当工人所拉绳索与水平方向的夹角为 θ 时, 下列说法正确的是 ()



- 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

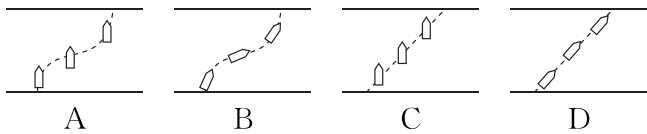
例3 如图所示, 一根长直轻杆AB在墙角沿竖直墙和水平地面滑动(假设A端不脱离墙面). 当AB杆和墙的夹角为 θ 时, 杆的A端沿墙下滑的速度大小为 v_1 , B端沿地面滑动的速度大小为 v_2 , 则 v_1 、 v_2 的关系是 ()

- A. $v_1 = v_2$
 B. $v_1 = v_2 \cos \theta$
 C. $v_1 = v_2 \tan \theta$
 D. $v_1 = v_2 \sin \theta$

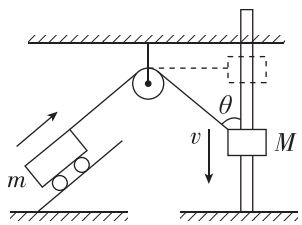


// 随堂巩固 //

1. (小船渡河问题) [2025·丽水高一期末] 在皮划艇赛事上成绩卓越的庆元籍运动员王楠, 在某次训练中以恒定速率横渡一条河, 已知越接近河流中间水流速度越大, 若她要以最短时间过河, 则下列图像中, 皮划艇渡河轨迹和皮划艇朝向可能正确的是 ()



2. (关联速度问题) 如图所示, 重物M沿竖直杆下滑, 并通过绳带动小车沿斜面升高. 当滑轮右侧的绳与竖直方向成 θ 角, 且重物下滑的速率为 v 时, 小车的速度为 ()

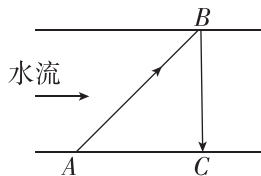


- A. $v \sin \theta$
 B. $\frac{v}{\cos \theta}$
 C. $v \cos \theta$
 D. $\frac{v}{\sin \theta}$

3. (小船渡河问题) [2025·宁波余姚中学高一月考] 如图所示为救生员驾驶冲锋舟在湍急的河水中向对岸被困人员实施救援的路线示意图. 假设冲锋舟在静水中的速度 v_1 大小不变, 救生员首先以最短时间渡河, 从A沿直线到B, 接到被困人员后, 又以最短位移回到原

河岸C处, 回程时间恰好为去程的 $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ 倍, 假设水流速度 v_2 处处相同, 则 $v_1 : v_2$ 为 ()

- A. $2 : \sqrt{3}$
 B. $\sqrt{3} : 2$
 C. $2 : 1$
 D. $1 : 2$



3 实验:探究平抛运动的特点

学习任务一 抛体运动和平抛运动

【教材链接】阅读教材,完成下列填空:

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.

【辨别明理】

- (1)抛体运动中都忽略空气阻力,认为物体只受重力作用. ()
- (2)抛体运动的轨迹都是曲线. ()
- (3)平抛运动的初速度可以不水平. ()
- (4)抛体运动都是匀变速运动. ()

例 1 [2026·丽水高一月考] 关于平抛运动,下列说法正确的是 ()

- A. 只受重力的运动是平抛运动
- B. 平抛运动是物体不受任何外力作用的运动
- C. 做平抛运动的物体在竖直方向的初速度为 0
- D. 做平抛运动的物体在水平方向做匀加速运动

【反思感悟】_____

学习任务二 实验:探究平抛运动的特点

【实验思路】

1. 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.

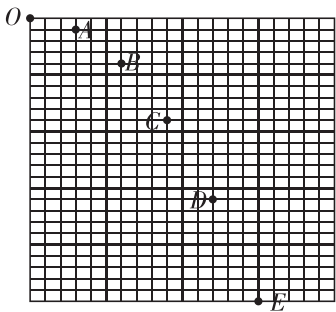
2. 平抛运动的分解方法

- (1)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.
- (2)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】

- 1. 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.
- 2. 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.
- 3. 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.



频闪照相法

4. 记录需要测量的数据,小球其他位置中心依次为 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,建立表格.

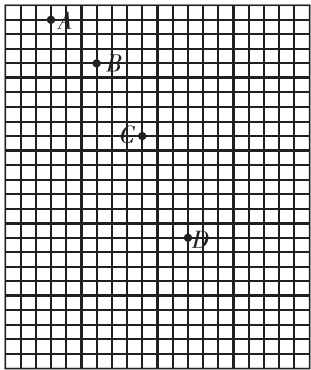
	OA	OB	OC	OD	OE	
t	T	$2T$	$3T$	$4T$	$5T$	
x/mm						
y/mm						

5. 判断水平方向和竖直方向分别做什么运动.
(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 $a = g$ (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 2 [2025 · 浙江大学附属中学高一月考] 如图所示为一小球做平抛运动的频闪照片的一部分, 闪光频率是 10 Hz, 图中背景方格的边长均为 5 cm.



(1) 定性分析: 由于频闪时间间隔相等, 根据 _____, 可判断水平方向是 _____; 根据 _____, 可判断竖直方向是 _____.

(2) 定量计算:

① 小球运动中水平分速度的大小是 _____ m/s.

② 小球经过 B 点时的速度大小是 _____ m/s.

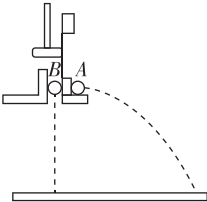
方案二 利用平抛竖落仪和斜槽探究平抛运动

(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.

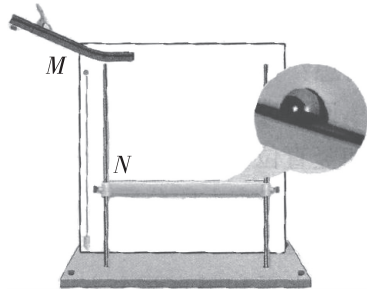
2. 用小锤击打弹性金属片, 观察两球的运动轨迹, 比较它们落地时间的先后.

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 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.

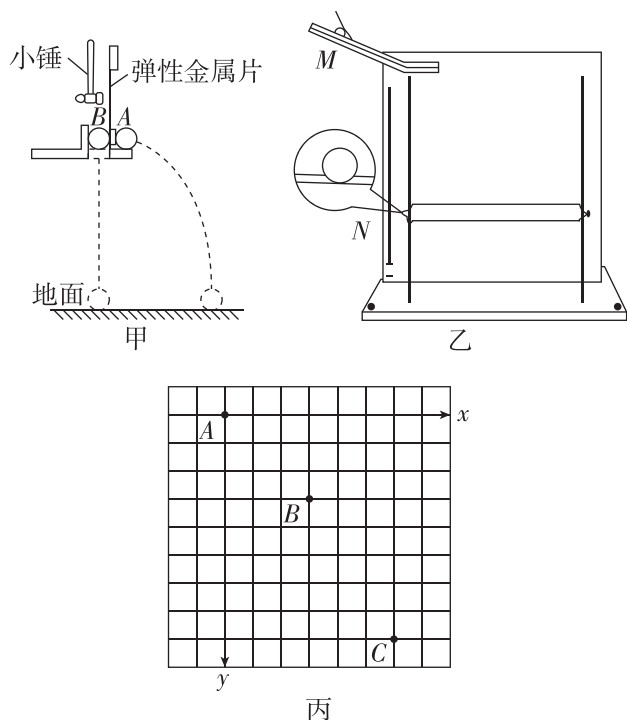
7. 以 O 点为坐标原点, 水平方向为 x 轴, 竖直方向为 y 轴, 建立平面直角坐标系.

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						
$v_0 =$						
$x\sqrt{\frac{g}{2y}}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$						
v_0 的平均值 $/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$						

例 3 [2025·宁波高一期中] 一实验小组为研究“平抛运动及其特点”,进行了如下操作:



(1)如图甲所示,将小球 A、B 处于同一高度,用小锤轻击弹性金属片,使 A 球水平飞出,同时 B 球被松开.若观察到小球 A、B 同时落地,能够说明的是_____.

- A. 平抛运动的竖直分运动是自由落体运动
- B. 平抛运动的水平分运动是匀速直线运动

(2)用如图乙所示方法记录小球平抛运动的轨迹,为了能较准确地描绘出小球的运动轨迹,下列实验要求中,正确的是_____.

- A. 通过调节使斜槽的末端保持水平
- B. 斜槽轨道必须是光滑的
- C. 每次释放小球的位置可以不同

(3)实验数据记录和初步分析结果如图丙所示, A、B、C 分别是小球平抛运动轨迹上的 3 个测量点,背景方格纸的边长均为 5 cm,方格纸的竖直线与重垂线平行, g 取 10 m/s^2 . 则小球运动中水平分速度的大小是_____ m/s ,经过测量点 B 处时速度的大小是_____ m/s .

【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.

// 随堂巩固 //

1. (实验条件) [2025·温州中学高一期中] 在“探究平抛运动的特点”的实验中,如果小球每次从斜槽滚下的初始位置不同,则下列说法错误的是 ()

- A. 小球平抛的初速度不同
- B. 小球每次做不同的抛物线运动
- C. 小球在空中运动的时间每次均不同
- D. 小球通过相同的水平位移所用的时间均不同

2. (实验综合) 某兴趣小组采用如图甲所示的实验装置“探究平抛运动的特点”:

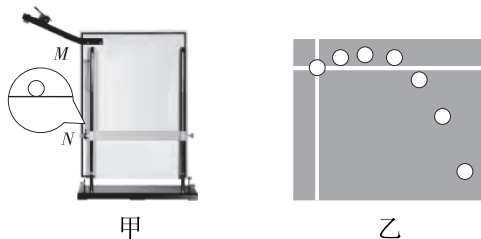
(1) 根据实验过程,以下说法正确的是_____.

- A. 斜槽 M 轨道必须光滑

B. 记录的点应适当多一些

C. 用平滑曲线把所有的点连接起来

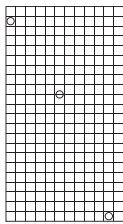
D. 图甲中挡条 N 每次必须等间距下移



(2)图乙是利用装置拍摄小球做平抛运动的频闪照片,由照片可判断实验操作错误的是_____.

- A. 释放小球时初速度不为 0
- B. 释放小球的初始位置不同
- C. 斜槽末端切线不水平

(3)改用频闪照相来研究平抛运动,将频闪照相得到的连续三张照片叠放在方格纸上,如图丙所示,已知小球的直径为 2 cm,方格纸的边分别为水平和竖直方向,则该频闪相机频率为 _____ Hz.(重力加速度 g 取 10 m/s^2)



丙

4 抛体运动的规律

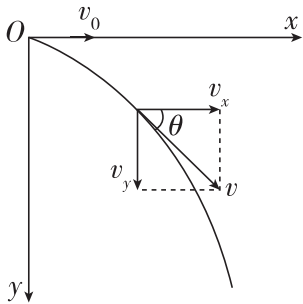
第 1 课时 平抛运动的规律

学习任务一 平抛运动的速度

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

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 $a_x = \underline{\hspace{2cm}}$, $v_x = v_0$.

(2)竖直方向:初速度是 0,物体只受重力,加速度 $a_y = \underline{\hspace{2cm}}$, $v_y = \underline{\hspace{2cm}}$.

(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).

例 1 (多选)如图所示,一物体从 A 点以水平方向速度 v_0 抛出,不计空气阻力.经过时间 t 运动到 B 点,重力加速度为 g ,则 ()

A. 物体在 B 点的速度大小是 $v_0 + gt$

B. 物体在 B 点的速度大小是 $\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$

C. 物体从 A 点运动到 B 点过程中速度变化量的大小是 gt

D. 物体从 A 点运动到 B 点过程中速度变化量的大小是 $\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2} - v_0$

[反思感悟]

变式 1 [2025 · 宁波高一期中] 以 5 m/s 的速度水平抛出一物体,当其竖直分位移与水平分位移相等时,则有 (g 取 10 m/s^2) ()

A. 竖直分速度等于水平分速度

B. 瞬时速度为 $10\sqrt{5}\text{ m/s}$

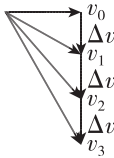
C. 运动时间为 1 s

D. 运动的位移为 $20\sqrt{2}\text{ m}$

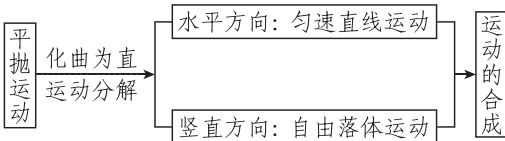
【要点总结】

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.



学习任务二 平抛运动的位移与轨迹

[科学思维] 平抛运动的规律

(1) 水平方向位移: $x = v_0 t$.

(2) 竖直方向位移: $y = \frac{1}{2} g t^2$.

(3) 轨迹方程: $y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$, 式中 g 、 v_0 都是与 x 、 y 无关的常量, 所以其轨迹是一条抛物线.

例 2 [2025·杭州二中高一月考] 从某一高度处水平抛出一物体, 它落地时速度是 50 m/s, 方向与水平方向成 53° 角. 求: (不计空气阻力, g 取 10 m/s^2 , $\cos 53^\circ = 0.6$, $\sin 53^\circ = 0.8$)

(1) 抛出点的高度和水平射程;

(2) 抛出后 3 s 末的速度;

(3) 抛出后 3 s 内的位移.

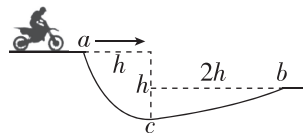
变式 2 如图所示, 在摩托车越野赛途中的水平路段前方有一个坑, 该坑沿摩托车前进方向的水平距离为 $3h$, 其左边缘 a 点比右边缘 b 点高 $0.5h$. 若摩托车经过 a 点时的速度为 v_1 , 则它会落到坑内 c 点, c 点与 a 点的水平距离和高度差均为 h ; 若经过 a 点时的速度为 v_2 , 则该摩托车恰能越过坑到达 b 点. 速度比 $v_2 : v_1$ 的值等于 ()

A. 3

B. 9

C. $9\sqrt{2}$

D. $3\sqrt{2}$



学习任务三 两个 (或多个) 物体做平抛运动的比较

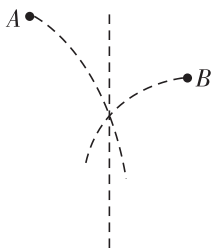
例 3 如图所示, A 球在 B 球的左上方, 两球相向水平抛出. 要使两球在与两球抛出点水平距离相等的竖直线上相遇, 则 ()

A. A 、 B 两球要同时抛出

B. B 球要先抛出

C. A 球抛出时的速度要大于 B 球抛出时的速度

D. A 球抛出时的速度要小于 B 球抛出时的速度

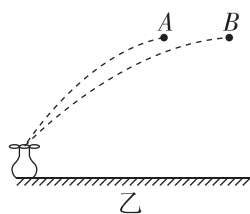


C. 插入壶中瞬间速度大小相同

D. 在空中运动的加速度不同



甲



乙

【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 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 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: $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$, v 由 v_0 和 h 共同决定.

变式 3 [2025·宁波高一期中] 甲图是从古代延续至今的投壶运动, 乙图是一位投掷者在同一高度的 A 、 B 两个不同位置沿水平方向各射出一支完全相同的箭, 箭都插入壶中. 忽略空气阻力、箭长、壶口大小等因素的影响, 则两支箭 ()

A. 在空中运动时间相同

B. 射出时的初速度相同

// 随堂巩固 //

1. (对平抛运动及其速度的理解)关于平抛运动,下列说法中不正确的是 ()

- 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加速度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

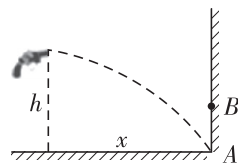
2. (平抛运动规律的应用)一把玩具枪水平射出的子弹正好能打在竖直墙角的A点,如图所示,枪口离水平地面的高度为 h ,离竖直墙壁的水平距离为 x .若让以相同速度射出的子弹打在离地高度为 $\frac{h}{2}$ 的B点,需让枪口和墙壁间距离变为 ()

A. $\frac{1}{2}x$

B. $\frac{\sqrt{2}}{2}x$

C. $\frac{1}{4}x$

D. $\frac{\sqrt{2}}{4}x$



3. (多个物体做平抛运动的对比)在同一点O抛出的三个物体A、B、C做平抛运动的轨迹如图所示,则三个物体做平抛运动的初速度 v_A 、 v_B 、 v_C 的关系和三个物体做平抛运动的时间 t_A 、 t_B 、 t_C 的关系分别是 ()

A. $v_A > v_B > v_C, t_A > t_B > t_C$

B. $v_A < v_B < v_C, t_A > t_B > t_C$

C. $v_A = v_B = v_C, t_A = t_B = t_C$

D. $v_A > v_B > v_C, t_A < t_B < t_C$

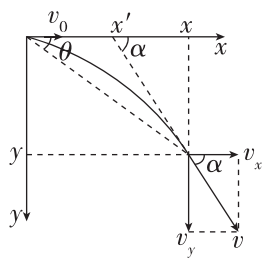


第2课时 平抛运动的两个重要推论 一般的抛体运动

学习任务一 平抛运动的两个重要推论

[科学推理]

(1)如图所示,设质点做平抛运动的速度方向与水平方向的夹角(速度偏向角)为 α ,位移方向与水平方向的夹角(位移偏向角)为 θ ,试证明 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$.



(2)如上图所示,试证明平抛运动的速度反向延长线过水平位移的中点,即 $x' = \frac{x}{2}$.

例1 如图所示,一物体自倾角为 θ 的固定斜面顶端沿水平方向抛出后落在斜面上.物体与斜

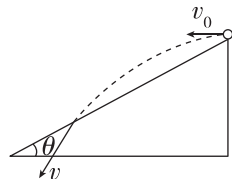
面接触时速度与水平方向的夹角 φ 满足 ()

A. $\tan \varphi = \sin \theta$

B. $\tan \varphi = \cos \theta$

C. $\tan \varphi = \tan \theta$

D. $\tan \varphi = 2 \tan \theta$



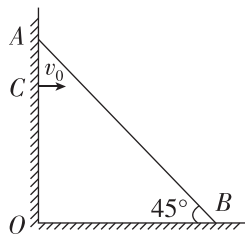
例2 (多选)如图所示,蜘蛛在地面与竖直墙壁间结网,蛛丝AB与水平地面之间的夹角为 45° ,A到地面的距离为1 m,已知重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,空气阻力不计,若蜘蛛从竖直墙上距地面0.8 m的C点以水平速度 v_0 跳出,要到达蛛丝,水平速度 v_0 可以为 ()

A. 1 m/s

B. 2 m/s

C. 3.5 m/s

D. 1.5 m/s



[要点总结]

- 平抛运动在任意时刻瞬时速度方向与水平方向夹角 α 的正切值,是位移方向与水平方向夹角 θ 正切值的2倍,即 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$.
- 平抛运动在任意时刻的瞬时速度反向延长线过水平位移的中点.

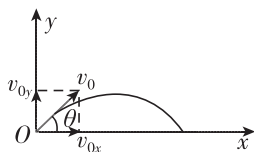
学习任务二 一般的抛体运动

[模型建构]

(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)

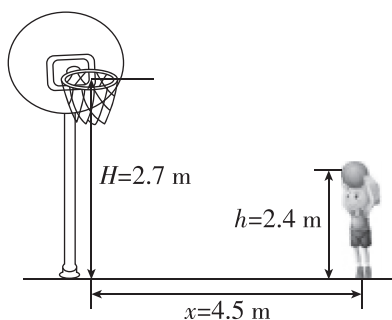


①水平方向: $v_{0x} = v_0 \cos \theta$, $F_{\text{合}x} = 0$.

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·杭州高一期末] 小刘同学热爱打篮球,现用抛体运动规律分析他的投篮技术.如图所示,篮筐中心距地面高度 $H = 2.7 \text{ m}$;无论小刘是定点投篮还是跳投,篮球抛出点与篮筐中心的水平距离 $x = 4.5 \text{ m}$ 保持不变.若将篮球视为质点,不考虑篮筐和篮网对篮球运动的影响,当篮球的运动轨迹通过篮筐中心即视为入筐,不计空气阻力.



(1)若小刘定点投篮,篮球抛出点的离地高度 $h = 2.4 \text{ m}$,篮球经过篮筐中心正上方 $\Delta h = 0.15 \text{ m}$ 处的 P 点(图中未画出)时,速度恰好变为水平方向.

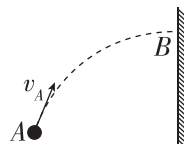
①从抛出到 P 点,篮球在水平方向做_____运动,竖直方向做_____运动.

(均选填“匀速直线”“匀加速直线”或“匀减速直线”)

②从抛出到 P 点,篮球运动的时间是_____.

(2)若小刘跳投,篮球抛出点的离地高度为 2.7 m ,则篮球能入筐的最小抛出速度是多大?

变式 如图所示,小球从 A 点斜向上抛出,恰好垂直撞到竖直墙壁上的 B 点,已知小球在 A 点速度大小为 $2\sqrt{3} \text{ m/s}$,与水平方向成 60° 夹角.不计空气阻力,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,下列说法正确的是 ()



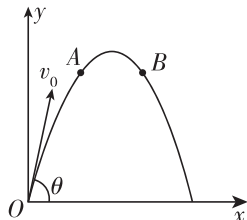
- A. 小球上升的最大高度为 0.6 m
- B. 小球在最高点的速度大小为 3 m/s
- C. 小球从 A 运动到 B 的时间为 0.3 s
- D. A 、 B 间的水平距离为 1.6 m

// 随堂巩固 //

1. (一般的抛体运动)[2025·温州中学高一月考] 如图甲所示, 喷出的水做斜抛运动, 图乙为斜抛水柱的轨迹(不计空气阻力). 对于轨迹上的两点 A、B, 下列说法正确的是 ()



甲



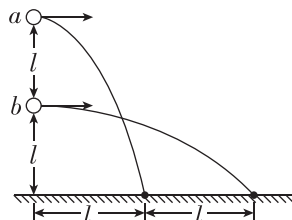
乙

- A. A 点的速度方向沿切线向上, 合力方向沿切线向下
B. A 点的速度方向沿切线向上, 合力方向竖直向下
C. B 点的速度方向沿切线向下, 合力方向沿切线向下
D. B 点的速度方向沿切线向下, 合力方向竖直向上

2. (平抛运动二级结论的应用)[2025·温州高一期中] 投壶是由古代礼仪演化而来, 非常盛行的一种文雅游戏. 如图所示, 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

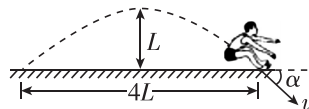
是

()



- 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正切值为 b 箭速度与水平面夹角正切值的 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

3. (一般的抛体运动)(多选) 如图所示, 一名运动员参加跳远比赛, 腾空过程中离地面的最大高度为 L , 成绩为 $4L$. 运动员落入沙坑瞬间速度为 v , 方向与水平面的夹角为 α . 运动员可视为质点, 不计空气阻力, 重力加速度为 g , 则 ()



- A. $\tan \alpha = \frac{1}{2}$ B. $\tan \alpha = 1$
C. $v = 2\sqrt{gL}$ D. $v = \sqrt{2gL}$

专题课: 平抛运动与各种面结合问题

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 乒乓球发球机是很多球馆和球友家庭的必备娱乐和训练工具. 如图所示, 某次训练时将发球机置于地面上方某一合适位置, 然后向竖直墙面水平发射乒乓球. 现有两个乒乓球 a 和 b 以不同速度射出, 碰到墙面时下落的高度之比

为 9 : 16, 不计阻力, 则乒乓球 a 和 b ()



- A. 碰墙前运动时间之比为 9 : 16
B. 初速度之比为 3 : 4
C. 碰墙前速度变化量之比为 3 : 4
D. 碰墙时速度与墙之间的夹角的正切值之比为 4 : 3