



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30<sup>+</sup>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 YJ

天津出版传媒集团  
天津人民出版社

# 目录 Contents

## 01 第一章 抛体运动

PART ONE

第一节	曲线运动	导 109
第二节	运动的合成与分解	导 111
	第 1 课时 运动的合成与分解一般规律	导 111
	第 2 课时 运动的合成与分解常见模型	导 114
第三节	平抛运动	导 117
	第 1 课时 平抛运动及其规律	导 117
	第 2 课时 实验: 探究平抛运动的特点	导 119
习题课:	平抛运动规律的应用	导 122
第四节	生活和生产中的抛体运动	导 125

## 02 第二章 圆周运动

PART TWO

第一节	匀速圆周运动	导 128
第二节	向心力与向心加速度	导 131
	第 1 课时 探究影响向心力大小的因素	导 131
	第 2 课时 向心力与向心加速度	导 135
第三节	生活中的圆周运动	导 137
专题课:	竖直面内的圆周运动问题	导 141
专题课:	水平面内的圆周运动问题	导 143
第四节	离心现象及其应用	导 145

## 03 第三章 万有引力定律

PART THREE

第一节	认识天体运动	导 148
第二节	认识万有引力定律	导 150
第三节	万有引力定律的应用	导 152

第四节 宇宙速度与航天	导 154
专题课：天体运动综合问题	导 158

## 04 第四章 机械能及其守恒定律

PART FOUR

第一节 功	导 162
第二节 功率	导 165
专题课：机车启动和变力做功问题	导 167
第三节 动能 动能定理	导 170
习题课：动能定理的综合应用	导 172
第四节 势能	导 175
第五节 机械能守恒定律	导 178
专题课：系统机械能守恒的应用	导 181
第六节 验证机械能守恒定律	导 183
第七节 生产和生活中的机械能守恒	导 186
专题课：功能关系及其应用	导 189

## 05 第五章 牛顿力学的局限性与相对论初步

PART FIVE

第一节 牛顿力学的成就与局限性	导 194
第二节 相对论时空观	导 194
第三节 宇宙起源和演化	导 194

◆ 参考答案	导 197
--------	-------

### 第一节 曲线运动

#### 学习任务一 认识曲线运动 曲线运动的速度方向

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

##### 一、认识曲线运动

1. 曲线运动:物体的运动轨迹为\_\_\_\_\_的运动.
2. 运动的分类:生产和生活中的运动,可根据其运动轨迹的特点,分成\_\_\_\_\_运动和\_\_\_\_\_运动.

##### 二、物体做曲线运动的速度方向

1. 物体做曲线运动的速度方向:在曲线运动中,质点在某一位置的速度方向与曲线在这一点\_\_\_\_\_一致.
2. 曲线运动的性质:曲线运动的速度方向\_\_\_\_\_都在改变,曲线运动是一种\_\_\_\_\_运动.

[物理观念] 观察在砂轮上磨刀具和撑开的带着水的伞绕伞柄旋转的图片,请思考:



甲



乙

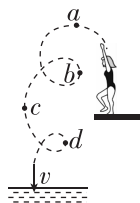
刀具与砂轮接触处的火星、伞面上的水滴分别沿什么方向飞出?

**例 1** [2023·深圳中学月考] 下列关于曲线运动的说法正确的是 ( )

- A. 做曲线运动的物体速度方向一定发生变化
- B. 速度方向发生变化的运动一定是曲线运动
- C. 速度变化的运动一定是曲线运动
- D. 加速度变化的运动一定是曲线运动

[反思感悟]

**例 2** 如图所示是跳水运动员高台跳水时头部的运动轨迹,最后运动员沿竖直方向以速度  $v$  入水,则图中  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  四个位置中,头部运动方向与速度  $v$  的方向相同的是 ( )



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

[反思感悟]

**变式 1** 如图所示,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. 物体的加速度可能为零
- 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



[反思感悟]

#### 学习任务二 物体做曲线运动的条件

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

物体做曲线运动的条件

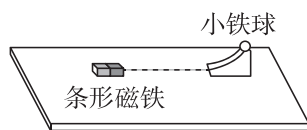
当物体所受合外力的方向与它的速度方向\_\_\_\_\_时,物体做曲线运动.

[科学探究] 如图所示,将圆弧形滑轨放在铺了一层白纸的水平桌面上,使其底端与桌面相切,让小铁球从圆弧形滑轨滚下以获得一定的初速度.为便于观察,在离开滑轨处沿小铁球运动方向用刻度尺在白纸上画一直线.

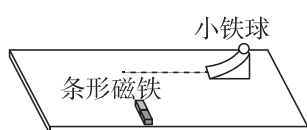
(1)图甲中,小铁球受到磁铁的吸引力方向与小铁

球的速度方向\_\_\_\_\_ (选填“在”或“不在”)同一条直线上;图乙中,小铁球受到磁铁的吸引力方向与小铁球的速度方向\_\_\_\_\_ (选填“在”或“不在”)同一条直线上.

(2)小铁球做曲线运动时,受到的吸引力方向指向轨迹弯曲的\_\_\_\_\_.



甲



乙

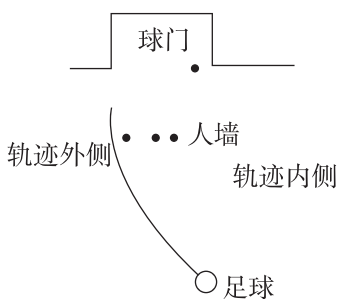
**例 3** 关于物体做曲线运动的条件,以下说法正确的是 ( )

- 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

[反思感悟]

**例 4** [2024·广州南武中学期中] 在 2022 年卡塔尔世界杯赛场上,运动员在一次主罚定位球时,踢出的足球划出一条完美弧线,轨迹如图所示. 下列关于足球在飞行过程中的说法正确的是 ( )

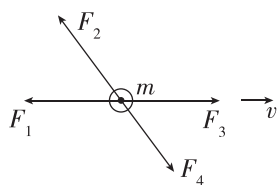
- A. 在空中只受到重力的作用
- B. 合外力的方向与速度方向在一条直线上
- C. 合外力的方向沿轨迹切线方向,速度方向指向轨迹内侧
- D. 合外力方向指向轨迹内侧,速度方向沿轨迹切线方向



[反思感悟]

**变式 2** (多选) 如图所示,质量为  $m$  的物体在四个共点力的作用下做匀速直线运动,速度方向与力  $F_1$ 、 $F_3$  的方向恰好在同一直线上,下列说法正确的是 ( )

- A. 若只撤去  $F_1$ ,物体做匀加速直线运动
- B. 若只撤去  $F_3$ ,物体做匀加速直线运动
- C. 若只撤去  $F_2$ ,物体做匀变速曲线运动
- D. 若只撤去  $F_4$ ,物体做非匀变速曲线运动



**【要点总结】**

1. 物体做曲线运动的条件

合外力(加速度)方向与速度方向不在同一直线上,这包含三个层次的内容:①初速度不为零;②合外力不为零;③合外力方向与速度方向不在同一直线上.

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 曲线运动轨迹与合外力、速度的关系

[科学思维] 1. 轨迹与合外力、速度的关系

(1) 轨迹与合外力的关系: 轨迹向合外力的方向弯曲, 合外力指向轨迹的内侧.

(2) 轨迹与速度的关系: 轨迹与速度相切, 速度沿着轨迹的切线方向.

(3) 轨迹与合外力、速度的关系: 轨迹总是夹在合外力方向和速度方向之间.

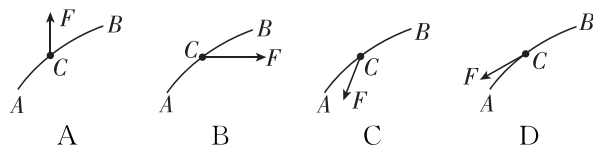
2. 合外力与速率的关系

(1) 合外力方向与速度方向的夹角为锐角时, 物体做速率越来越大的曲线运动.

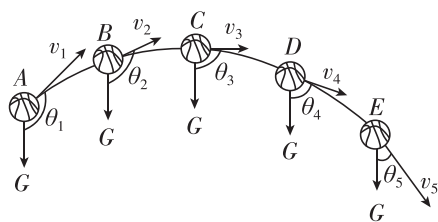
(2) 合外力方向与速度方向的夹角始终为直角时, 物体做速率不变的曲线运动.

(3) 合外力方向与速度方向的夹角为钝角时, 物体做速率越来越小的曲线运动.

**例 5** [2023·深圳中学月考] 质点沿如图所示的轨迹从 A 点运动到 B 点, 已知其速度逐渐减小, 则图中能正确表示质点在 C 点受力的是 ( )



**变式 3** (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 ( )

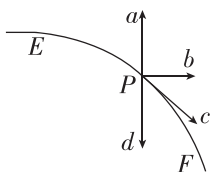


- A. 篮球在 E 点的速度比在 D 点的速度大
- B. 篮球在 A 点做加速运动
- C. 篮球在 A 点的加速度与在 E 点的加速度相同
- D. 篮球从 A 到 E 过程中, 速度先减小后增大

## // 随堂巩固 //

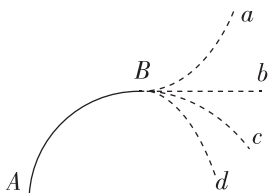
1. (对曲线运动速度方向的理解)[2023·湛江期中] 如图所示为物体沿曲线从E运动到F,则物体经过P点时的速度方向沿 ( )

- A. Pa 方向  
B. Pb 方向  
C. Pc 方向  
D. Pd 方向



2. (曲线运动的条件)[2024·深圳期末] 某质点从A点沿图中的曲线运动到B点,质点受力的大小为F.经过B点时,下列说法正确的是 ( )

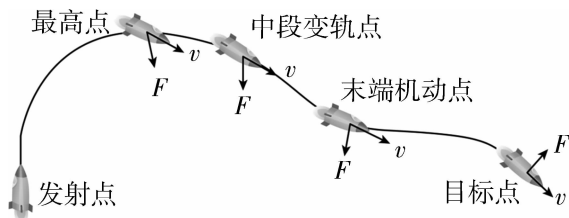
- A. 若力的方向突然与原来方向相反,它从B点开始可能沿图中虚线a运动  
B. 若力的方向突然与原来方向相反,它从B点开始可能沿图中虚线b运动



C. 若力的方向突然沿B点切线向左,它从B点开始可能沿图中虚线c运动

D. 若力的大小突然变为0,它从B点开始可能沿图中虚线d运动

3. (轨迹与合外力、速度的关系)[2023·广州期中] 中国著名科学家钱学森于20世纪40年代提出“助推—滑翔”弹道设想.这种弹道的特点是将两种导弹的轨迹融合在一起,使之既有突防性能,又兼具灵活性.如图所示,是分析导弹运行的轨迹示意图,其中导弹在各点的速度v和所受合外力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. 导弹最高点

## 第二节 运动的合成与分解

### 第1课时 运动的合成与分解一般规律

#### 学习任务一 运动的分析

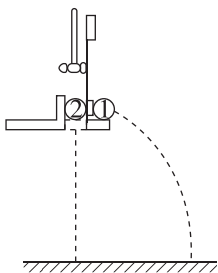
[科学探究] 用小锤打击弹性金属片,球1沿水平方向飞出,同时球2被松开,做\_\_\_\_\_落体运动.

(1)观察到的现象是:两球\_\_\_\_\_落地;

(2)增大小锤打击金属片的作用力,观察到的现象是:①球1沿水平方向飞出\_\_\_\_\_,说明球1沿水平方向的速度\_\_\_\_\_;

②两球\_\_\_\_\_落地,两球竖直方向都做\_\_\_\_\_运动.

结论:球1水平方向的分运动和竖直方向的分运动独立进行、互不影响.



[科学思维] 1. 分运动与合运动

如果一个物体实际发生的运动产生的效果跟另外两个运动共同产生的效果相同,我们就把这一物体实际发生的运动称为这两个运动的合运动,这两个运动称为这一实际运动的分运动.

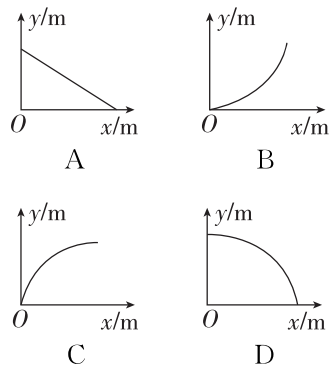
2. 合运动与分运动的特点

(1)等效性:合运动是由各分运动共同产生的总运动效果,合运动与各分运动的总运动效果可以相互替代.

(2)等时性:合运动与分运动经历的时间一定相等,即同时开始、同时进行、同时停止.

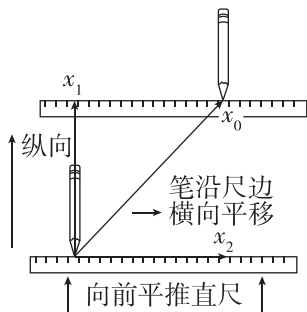
(3)独立性:一个物体同时参与几个分运动,分运动各自独立进行,互不影响.

**例1** [2024·深圳红岭中学月考] 云梯车是指可以向高空运送人员、救援物资、建筑材料、工作设备,救援被困人员,喷射灭火剂的一种工具车.为了节省时间,云梯车匀加速前进的同时,救援物资沿着竖直云梯被匀速向上输送,其运动轨迹应为 ( )



## 学习任务二 位移和速度的合成与分解

[科学探究] 如图,一位同学将直尺沿纵向匀速向前平推,另一位同学持铅笔沿尺边横向匀速平移,画出笔尖的合位移与分位移如图所示,合位移与分位移类比力的合成,思考合位移一定比分位移大吗?



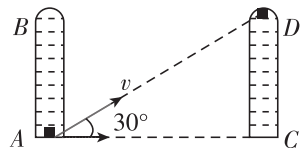
[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

1. 已知分运动求合运动称为运动的合成. 已知合运动求分运动称为运动的分解.
2. 研究表明,和力的合成与分解类似,位移和速度的合成与分解遵循\_\_\_\_\_定则.

**例2** [2024·中山一中月考] 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  $0.1 \text{ m/s}$  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  $30^\circ$  角,如图

所示. 若玻璃管的长度为  $1.0 \text{ m}$ ,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 ( )

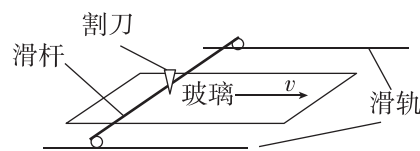
- A.  $0.1 \text{ m/s}$  和  $1.73 \text{ m}$
- B.  $0.173 \text{ m/s}$  和  $1.0 \text{ m}$
- C.  $0.173 \text{ m/s}$  和  $1.73 \text{ m}$
- D.  $0.1 \text{ m/s}$  和  $1.0 \text{ m}$



[反思感悟] \_\_\_\_\_

**例3** (多选) 如图为玻璃自动切割生产线示意图,图中,玻璃以恒定的速度向右运动,两侧的滑轨与玻璃的运动方向平行,滑杆与滑轨垂直,且可沿滑轨左右移动,割刀通过沿滑杆滑动和随滑杆左右移动实现对移动玻璃的切割. 要使切割后的玻璃是矩形,以下做法能达到要求的是 ( )

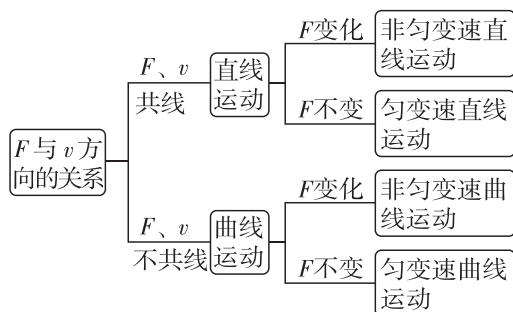
- A. 保持滑杆不动,仅使割刀沿滑杆运动
- B. 滑杆向左移动的同时,割刀沿滑杆滑动
- C. 滑杆向右移动的同时,割刀沿滑杆滑动
- D. 滑杆向右移动的速度必须与玻璃运动的速度相同



[反思感悟] \_\_\_\_\_

## 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.

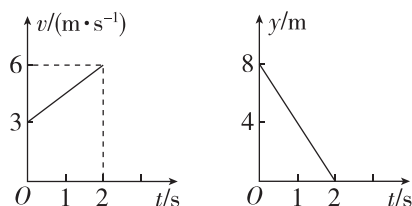


**例4** (多选) [2023·山东聊城期中] 关于两个运动的合运动,下列说法中正确的是 ( )

- 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. 两个互成角度的匀变速直线运动的合运动一定是匀变速直线运动
- D. 两个分运动的时间和它们合运动的时间相等

[反思感悟] \_\_\_\_\_

**例 5** [2024·佛山一中月考] 质量为 2 kg 的质点在  $xOy$  平面上做曲线运动, 在  $x$  方向的速度图像和  $y$  方向的位移图像如图所示, 下列说法正确的是 ( )



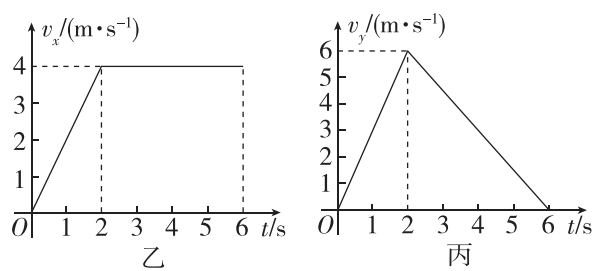
- A. 质点的初速度为 3 m/s  
 B. 质点所受的合外力为 3 N  
 C. 质点初速度的方向与合外力方向垂直  
 D. 2 s 末质点速度大小为 6 m/s

[反思感悟]

**变式** [2023·湖南长沙一中期中] 如图甲所示, 近年来无人机已越来越频繁应用在物流配送场景, 包括应急救援、冷链、物资运送. 某次配送物资无人机在飞行过程中, 水平方向速度  $v_x$  及竖直方向速度  $v_y$  与飞行时间  $t$  的关系图像如图乙、图丙所示. 关于该无人机的运动, 下列说法正确的是 ( )



甲



- A. 在 0~2 s 内, 无人机做匀变速曲线运动  
 B. 在第 2 s 末, 无人机运动到最高点  
 C. 在第 4 s 末, 无人机的速度大小为 7 m/s  
 D. 在 2~6 s 内, 无人机做匀变速曲线运动

[反思感悟]

**【要点总结】**

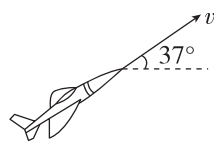
几种常见的运动合成情况

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. (对合运动与分运动的理解)[2023·广州六中月考] 关于合运动与分运动, 下列说法中正确的是 ( )
- A. 合运动与分运动是等效替代关系  
 B. 合运动与分运动相互影响  
 C. 合运动与分运动完成的时间不相等  
 D. 以上说法都不对
2. (速度和位移的合成与分解)[2024·江门期末] 如图所示为飞机正以 100 m/s 的速度斜向上起飞, 飞行方向与水平方向的夹角为  $37^\circ$ , 10 s 内速度保

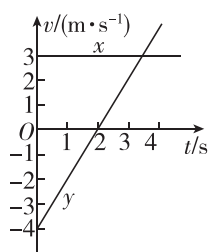
持不变(已知  $\sin 37^\circ = 0.6$ ,  $\cos 37^\circ = 0.8$ ), 则前 10 s 内 ( )



- A. 飞机的飞行轨迹可能是曲线  
 B. 飞机在水平方向上的分运动是匀加速直线运动  
 C. 飞机竖直方向的分速度大小为 80 m/s  
 D. 10 s 内竖直方向分位移大小为 600 m

3. (两个直线运动的合成)[2023·辽宁大连八中月考] 一物体在光滑的水平桌面上运动,在相互垂直的  $x$  方向和  $y$  方向上的分运动的速度随时间变化的规律如图所示( $y$  方向分速度最初沿  $y$  的负方向). 关于物体的运动,下列说法中正确的是 ( )

- A. 物体运动的初速度大小是  $5 \text{ m/s}$   
 B. 物体运动的加速度大小是  $5 \text{ m/s}^2$   
 C. 若物体最初在原点,则  $2 \text{ s}$  末物体的位置坐标为  $(6 \text{ m}, 4 \text{ m})$   
 D.  $4 \text{ s}$  末物体的速度大小为  $4 \text{ m/s}$



## 第2课时 运动的合成与分解常见模型

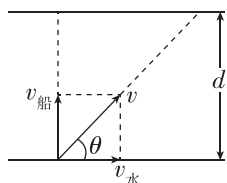
### 学习任务一 小船过河模型

[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  $t = \frac{d}{v_{\perp}}$ .

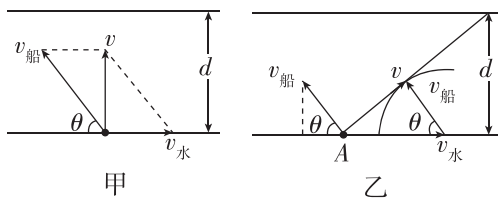
② 若要渡河时间最短,只要使船头垂直于河岸航行即可,如图所示,此时  $t = \frac{d}{v_{\text{船}}}$ .



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  $\theta$  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** [2024·深圳中学期中] 一小船在静水中的速度大小为  $3 \text{ m/s}$ ,它在一条宽为  $150 \text{ m}$ 、流速为  $5 \text{ m/s}$  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  $60 \text{ s}$   
 B. 小船以最短时间渡河时,它沿水流方向的位移大小为  $150 \text{ m}$   
 C. 小船以最短位移渡河时,位移大小为  $250 \text{ m}$   
 D. 小船以最短位移渡河时,时间为  $60 \text{ s}$

[反思感悟] .....

**变式 2** (多选)[2024·华师大附中月考] 在民族运动会上,运动员弯弓放箭射击同高度侧向的固定目标(如图所示).假设运动员骑马奔驰的速度大小为  $v_1$ ,运动员静止时射出的弓箭速度大小为  $v_2$ ,跑道离固定目标的最近距离为  $d$ .下列说法中正确的是 ( )

A. 要想命中目标且箭在空中飞行时间最短,运动员放箭处离目标的距离

$$\text{为 } \frac{dv_2}{v_1}$$

B. 只要击中侧向的固定目标,箭在空中运动的合速度大小一定是  $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$



C. 要想命中目标且箭在空中飞行时间最短,运动员放箭处离目标的距离为  $\frac{d\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}{v_2}$

D. 箭射到固定目标的最短时间为  $\frac{d}{v_2}$

[反思感悟]

**【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.

**学习任务二 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.

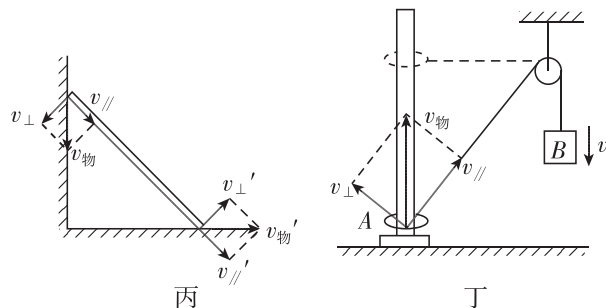
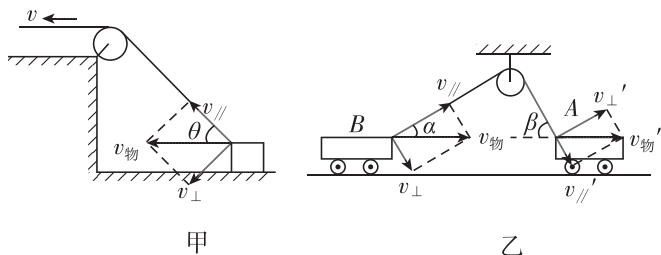
②确定合运动的两个效果.

用轻绳或可自由转动的轻杆连接 → { 效果 1:沿绳或杆方向的运动  
效果 2:垂直绳或杆方向的运动的物体问题

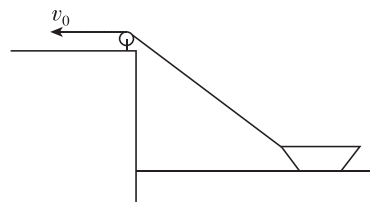
相互接触的 → { 效果 1:垂直接触面的运动  
效果 2:沿接触面的运动  
物体问题

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** 如图所示,在以  $v_0$  的速度匀速拉船靠岸的过程中,拉绳的速度  $v_0$  与船的速度  $v$  有何关系? 船的速度如何变化?



**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  $\theta$  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 ( )

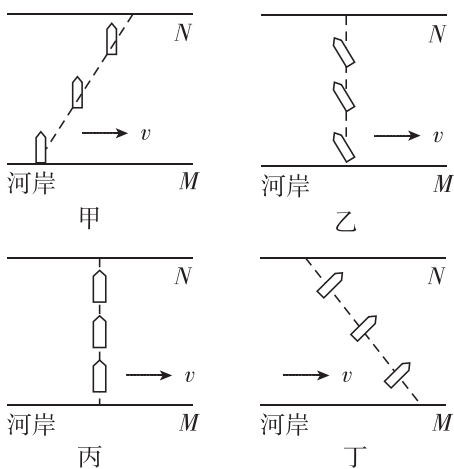


- A.  $v_1 = v_2$
- B.  $v_1 = v_2 \cos \theta$
- C.  $v_1 = v_2 \tan \theta$
- D.  $v_1 = v_2 \sin \theta$

[反思感悟]

### // 随堂巩固 //

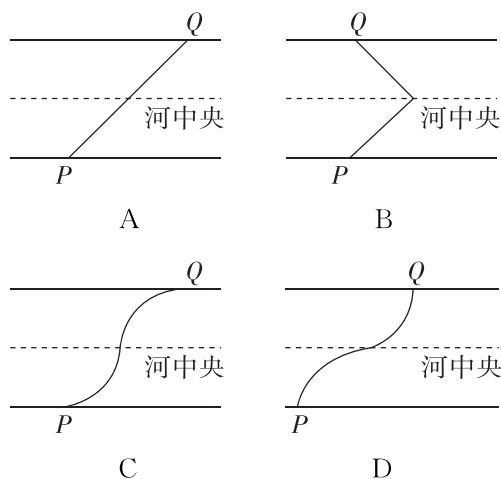
1. (小船渡河问题)小明同学遥控小船做过河实验,并绘制了四幅小船过河的航线图如图所示.图中实线为河岸,河水的流动速度不变,方向水平向右,虚线为小船从河岸  $M$  驶向对岸  $N$  的实际航线,小船相对于静水的速度不变.下列说法正确的是 ( )



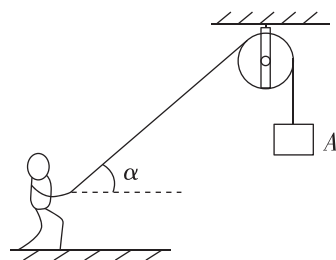
- A. 航线图甲是正确的,船头保持图中的方向,小船过河时间最短
- B. 航线图乙是正确的,船头保持图中的方向,小船过河时间最短
- C. 航线图丙是正确的,船头保持图中的方向,小船过河位移最短
- D. 航线图丁是不正确的,如果船头保持图中的方向,那么船的轨迹应该是曲线

2. (小船过河轨迹分析)1934年10月,红军为突破第五次反“围剿”,从宁化湖村等地集结出发,途经于都,强渡于都河(贡江).若渡河区域内的河岸平直,水流速度方向处处与河岸平行,越靠近河中央,水流速度越大.设木船相对静水的速度大小恒

定.以最短的时间过河,则木船在出发点  $P$  与登陆点  $Q$  之间的运动轨迹是图中的 ( )



3. (关联速度问题)[2024·惠州一中期中]生活中人们通常利用定滑轮来升降物体.如图所示,一根轻质不可伸长的细绳绕过光滑的定滑轮,绳的一端系着质量为  $m$  的重物  $A$ ,绳的另一端由人握着向左以速度  $v$  匀速移动,经过图示位置时绳与水平方向的夹角为  $\alpha$ ,下列说法正确的是 ( )



- A. 重物匀加速上升
- B. 重物以速度  $v$  匀速上升
- C. 绳对重物的拉力始终小于它的重力
- D. 经过图示位置  $\alpha = 60^\circ$  时人与重物的速度大小之比为  $2:1$

# 第三节 平抛运动

## 第 1 课时 平抛运动及其规律

### 学习任务一 平抛运动

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

#### 1. 平抛运动

(1)定义:将物体以一定的初速度沿\_\_\_\_\_抛出,仅在\_\_\_\_\_作用下物体所做的运动.

(2)平抛运动的性质:加速度为  $g$  的匀变速曲线运动.

#### 2. 平抛运动的两个分运动

(1)水平方向:\_\_\_\_\_运动.

(2)竖直方向:\_\_\_\_\_运动.

**例 1** (多选)对于平抛物体的运动,以下说法正确的是 ( )

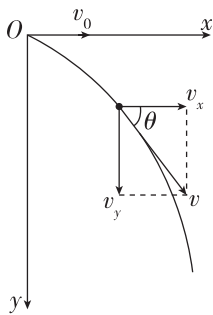
- A. 做平抛运动的物体,速度和加速度都随时间的增加而增大
- B. 做平抛运动的物体仅受到重力的作用,所以加速度保持不变
- C. 平抛物体的运动是匀变速运动
- D. 平抛物体的运动是非匀变速运动

[反思感悟] \_\_\_\_\_

### 学习任务二 平抛运动的规律

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

以速度  $v_0$  沿水平方向抛出一物体,以抛出点为坐标原点,以水平方向为  $x$  轴、竖直方向为  $y$  轴建立如图所示的直角坐标系.



#### 1. 平抛运动的位移与轨迹

(1)水平位移:  $x = \underline{\hspace{2cm}}$ .

(2)竖直位移:  $y = \frac{1}{2}gt^2$ .

(3)轨迹方程:由水平位移与竖直位移可得平抛运动的轨迹方程为  $y = \frac{g}{2v_0^2}x^2$ ,由此可知平抛运动的轨迹是一条\_\_\_\_\_.

#### 2. 平抛运动的速度

(1)水平方向分速度:  $v_x = \underline{\hspace{2cm}}$ .

(2)竖直方向分速度:  $v_y = \underline{\hspace{2cm}}$ .

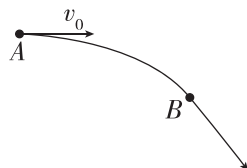
(3)物体在某点合速度大小: ①  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$ .

②方向:  $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$  ( $\theta$  是  $v$  与水平方向的夹角).

**例 2** (多选)如图所示,一物体从 A 点以速度  $v_0$  水平抛出,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** [2023·福建厦门双十中学月考] 一个物体以初速度  $v_0$  水平抛出,落地速度为  $v$ ,重力加速度为  $g$ ,则物体运动时间为 ( )

A.  $\frac{v - v_0}{g}$

B.  $\frac{v + v_0}{g}$

C.  $\frac{\sqrt{v^2 - v_0^2}}{g}$

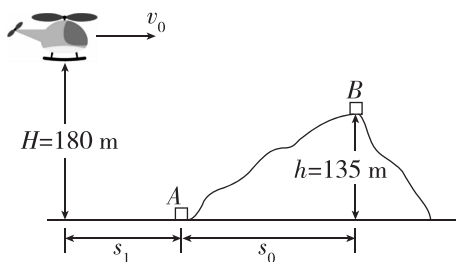
D.  $\frac{\sqrt{v^2 + v_0^2}}{g}$

[反思感悟] \_\_\_\_\_

**例 3** [2023·广州期末] 如图所示,一架执行救援任务的直升机在  $H = 180$  m 的高空以  $v_0 = 40$  m/s 的速度水平向右匀速飞行,要将两箱救援物资先后准确地投放到山脚和山顶的安置点 A、B,已知山高  $h = 135$  m,山脚和山顶的水平距离  $s_0 = 500$  m,  $g$  取  $10$  m/s<sup>2</sup>,不计空气阻力.问:

(1)第一箱物资应在飞机离 A 的水平距离  $s_1$  为多少时投放?

(2)投放第一箱物资后,飞机应继续飞行多大距离再投放第二箱物资?



**变式 2** [2023·广雅中学期末] 在距离地面高  $H=80\text{ m}$  处, 将一个小球以  $v_0=40\text{ m/s}$  的速度水平抛出, 空气阻力不计,  $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ .

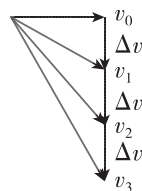
(1) 求小球在空中的飞行时间  $t$  和飞行的水平距离  $s$ ;

(2) 当小球速度  $v=50\text{ m/s}$  时, 求小球距离地面的高度  $h$ .

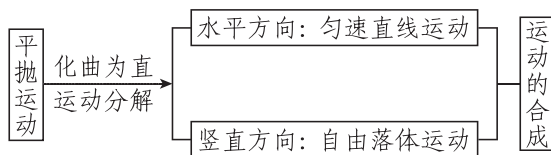
### 【要点总结】

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.

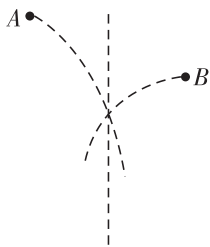


3. 平抛运动的研究方法: 运动的分解与合成.



## 学习任务三 两个(或多个)物体做平抛运动的比较

**例 4** 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 ( )

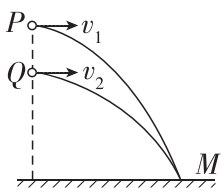


- A.  $A$ 、 $B$  两球要同时抛出  
 B.  $B$  球要先抛出  
 C.  $A$  球抛出时的速度要大于  $B$  球抛出时的速度  
 D.  $A$  球抛出时的速度要小于  $B$  球抛出时的速度

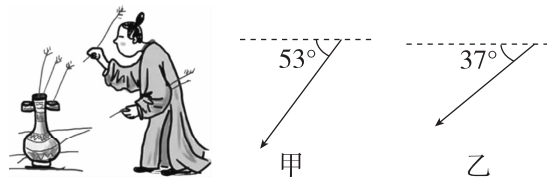
[反思感悟] .....

**变式 3** 如图所示, 从同一条竖直线上的两个不同点分别向右平抛小球  $P$ 、 $Q$ , 平抛  $P$ 、 $Q$  的初速度分别为  $v_1$ 、 $v_2$ , 结果它们同时落到水平面上的  $M$  点处 (不考虑空气阻力). 下列说法中正确的是 ( )

- A. 一定是  $P$  先被抛出的, 并且  $v_1 = v_2$   
 B. 一定是  $P$  先被抛出的, 并且  $v_1 < v_2$   
 C. 一定是  $Q$  先被抛出的, 并且  $v_1 = v_2$   
 D. 一定是  $Q$  先被抛出的, 并且  $v_1 > v_2$

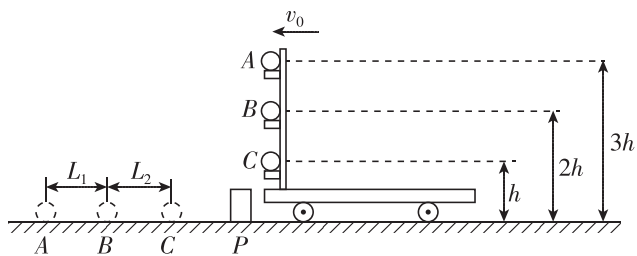


**变式 4** [2024·广州五中期中] 投壶是从先秦延续至清末的中国传统礼仪和宴饮游戏, 《礼记传》中提到: “投壶, 射之细也. 燕饮有射以乐宾, 以习容而讲艺也.” 如图所示, 甲、乙两人沿水平方向各射出一支箭, 箭尖插入壶中与水平面的夹角分别为  $53^\circ$  和  $37^\circ$ ; 已知两支箭质量相同, 忽略空气阻力、箭长, 壶口大小等因素的影响, 下列说法正确的是 ( $\sin 37^\circ = 0.6$ ) ( )



- A. 若两人站在距壶相同水平距离处投壶, 甲所投箭的初速度比乙的大  
 B. 若两人站在距壶相同水平距离处投壶, 乙所投的箭在空中运动时间比甲的长  
 C. 若箭在竖直方向下落的高度相等, 则甲投壶位置距壶的水平距离比乙大  
 D. 若箭在竖直方向下落的高度相等, 则甲所射箭落入壶口时速度比乙小

**例 5** 在水平路面上做匀速直线运动的小车上有一固定的竖直杆,其上的三个水平支架上有三个完全相同的小球 A、B、C,它们离地面的高度分别为  $3h$ 、 $2h$  和  $h$ ,当小车遇到障碍物 P 时,立即停下来,三个小球同时从支架上水平抛出,先后落到水平路面上,如图所示.下列说法正确的是 ( )



- A. 三个小球落地的时间差与车速有关  
 B. 三个小球落地点的间隔距离满足  $L_1 = L_2$   
 C. 三个小球落地点的间隔距离满足  $L_1 < L_2$   
 D. 三个小球落地点的间隔距离满足  $L_1 > L_2$

[反思感悟]

【要点总结】

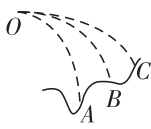
两个物体(或多个物体)平抛运动问题的解题关键是找到两个物体(或多个物体)到达同一空间位置时所满足的空间关系,由空间关系得出时间关系.

## // 随堂巩固 //

1. (对平抛运动的理解)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. (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.  $v_A > v_B > v_C, t_A < t_B < t_C$

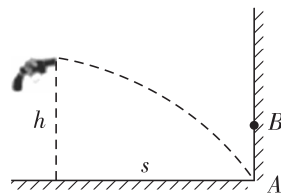
3. (平抛运动规律的应用)一把玩具枪水平射出的子弹正好能打在竖直墙角的 A 点,如图所示,枪口离水平地面的高度为  $h$ ,离竖直墙壁的水平距离为  $s$ .枪口离水平地面的高度仍为  $h$ ,若让以相同速度射出的子弹打在离地高度为  $\frac{h}{2}$  的 B 点,需让枪口和墙壁间距离变为 ( )

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

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

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

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



## 第 2 课时 实验:探究平抛运动的特点

【实验目的】

探究平抛运动两个分运动的特点;会用实验的方法描绘平抛运动的轨迹.

【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

(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.

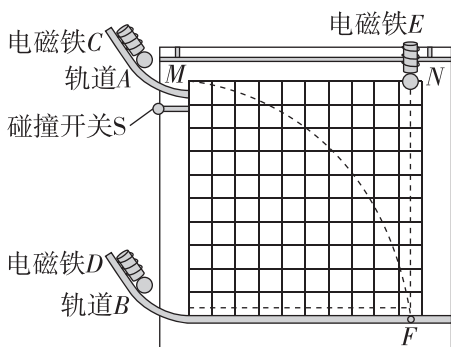
(2)分解方法:分解为水平方向的分运动和竖直方

向的分运动.

(3)分别对水平方向的分运动和竖直方向的分运动进行探究验证.

**方案一 用平抛运动实验器定性探究两分运动特点**

如图所示,在轨道 A 出口处有一个碰撞开关 S,可控制电磁铁 E 电源的通断.从轨道 A 射出的钢球做平抛运动,从轨道 B 射出的钢球做匀速直线运动,从电磁铁 E 处释放的钢球做自由落体运动.



### 1. 研究平抛运动水平方向分运动的特点

(1)实验:使电磁铁 C 和 D 分别相对各自轨道出口水平线处于相同高度.把两个钢球分别吸在电磁铁 C、D 上.切断电源,使两个钢球以相同的初速度同时水平射出,发现两个钢球发生碰撞.改变电磁铁 C、D 与各自轨道出口水平线的相对高度,并确保高度相等,多次重复以上步骤,发现两个钢球总是发生\_\_\_\_\_.

(2)分析:改变电磁铁 C、D 与各自轨道出口水平线的相对高度,即改变两个钢球水平射出的速度.确保释放高度相等,即确保两个钢球水平速度相等.两个钢球总是发生碰撞,表明两个钢球水平方向做了\_\_\_\_\_的运动.

(3)结论:做平抛运动的钢球在水平方向上的分运动是\_\_\_\_\_运动.

### 2. 研究平抛运动竖直方向分运动的特点

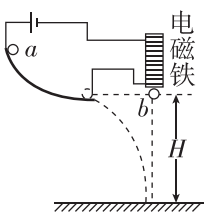
(1)实验:把两个钢球分别吸在电磁铁 C、E 上,并确保电磁铁 E 上的钢球与轨道 A 出口处于同一高度.释放轨道 A 上的钢球.钢球在水平出口处碰撞开关 S,切断电磁铁 E 的电源,使钢球从电磁铁 E 处释放.发现两个钢球发生碰撞.改变电磁铁 E 的位置,让其从 N 向 M 移动.多次重复以上步骤,发现两个钢球总是\_\_\_\_\_.

(2)分析:改变电磁铁 E 的位置,即改变水平方向的位移,进而改变了运动时间,两个钢球总是相碰,表明两个钢球竖直方向做了\_\_\_\_\_的运动.

(3)结论:做平抛运动的钢球在竖直方向上的分运动是\_\_\_\_\_,平抛的各分运动具有独立性.

**例 1** [2023·深圳中学月考] 如图所示是某种“研究平抛运动”的实验装置.

(1)当 a 小球从斜槽末端水平飞出时与 b 小球离地面的高度均为 H,此瞬间电路断开使电磁铁释放 b 小球,最终两小球同时落地,改变 H 大小,重复实验,a、b 两小球仍同时落地,该实验结果可表明\_\_\_\_\_.

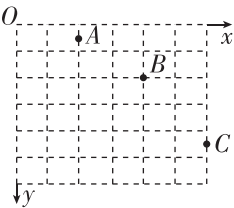


- A. 两小球落地速度的大小相同
- B. 两小球在空中运动的时间相等
- C. a 小球在竖直方向的分运动与 b 小球的运动相同

D. a 小球在水平方向的分运动是匀加速直线运动

(2)利用该实验装置研究 a 小球平抛运动的速度,从斜槽同一位置由静止释放小球,实验得到小球运动轨迹中的三个点 A、B、C,如图所示,图中 O 为抛出点,B 点在两坐标线交点,坐

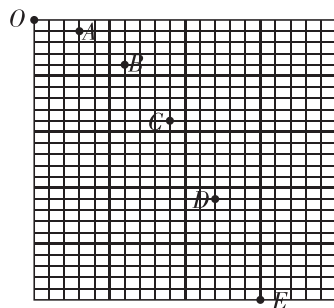
标  $x_B = 40 \text{ cm}$ ,  $y_B = 20 \text{ cm}$ ,则 a 小球水平飞出时的初速度大小为  $v_0 =$  \_\_\_\_\_ m/s,平抛小球在 B 点竖直方向的分速度  $v_y =$  \_\_\_\_\_ m/s( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ).



### 方案二 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.



频闪照相法

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.

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.

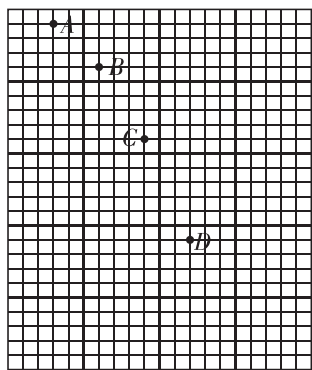
	OA	OB	OC	OD	OE	.....
t	T	2T	3T	4T	5T	.....
x/mm						
y/mm						

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** [2024·执信中学期中] 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 \_\_\_\_\_.

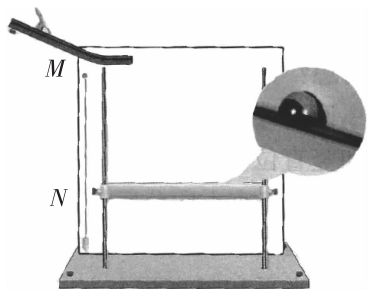
(2) 定量计算:

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.

### 方案三 利用平抛运动实验器探究平抛运动

#### 描迹法探究平抛运动



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, 上下调节装置中的接球槽 N, 使钢球落到上面, 钢球挤压复写纸, 在白纸上留下印迹.
5. 上下调节接球槽 N, 重复步骤 4, 在白纸上记录钢球所经过的多个位置.

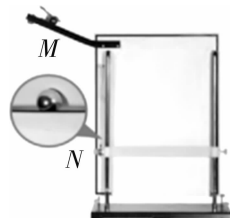
6. 用平滑曲线把这些印迹连接起来, 就得到钢球做平抛运动的轨迹.

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

**例 3** [2023·湛江期末] 在做“研究平抛运动”的实验时, 如图所示, 让小球多次沿同一轨道运动, 通过描点法画出小球做平抛运动的轨迹. 为了能较准确地描绘运动轨迹:



(1) 实验前要检查斜槽末端是否水平, 请简述你的检查方法: \_\_\_\_\_.

(2) 每次释放小球的位置必须 \_\_\_\_\_ (填“相同”或“不同”), 每次必须由 \_\_\_\_\_ (填“运动”或“静止”) 释放小球.

(3) 将球的位置记录在纸上后, 取下纸, 将点连成 \_\_\_\_\_ (填“折线”“直线”或“平滑曲线”).

#### 【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 //

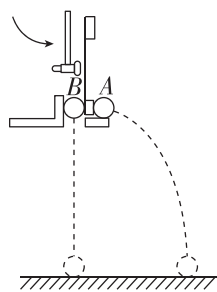
1. (实验器材选取)在“探究平抛运动的特点”实验中,为减小空气阻力对小球运动的影响,应采用( )

- A. 实心小铁球
- B. 空心小铁球
- C. 实心小木球
- D. 以上三种小球都可以

2. (实验条件)[2024·中山一中期中]在“探究平抛运动的特点”的实验中,如果小球每次从弧形轨道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

3. (实验综合)[2023·上海格致中学月考]某同学进行了“探究平抛运动的特点”的实验,具体如下(部分步骤省略):



甲

(1)如图甲所示,用小锤打击弹性金属片,A球沿水平方向抛出,同时B球由静止自由下落,可观察到两小球同时落地;多次实验,结论不变.根据实验,

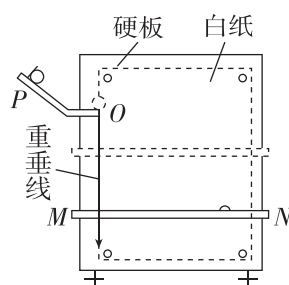
\_\_\_\_\_ (选填“能”或“不能”)判断出A球在水平方向做匀速直线运动.

(2)如图乙所示,将白纸和复写纸对齐重叠并固定在坚硬的硬板上.钢球沿斜槽轨道PO滑下后从O点飞出,落在挡板MN上……白纸上将留下一系列痕迹点.

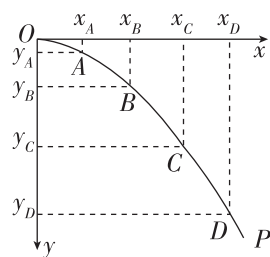
①为了保证钢球从O点飞出的水平初速度是一定的,下列实验条件必须满足的是\_\_\_\_\_.

- A. 斜槽轨道光滑
- B. 斜槽轨道末端水平
- C. 每次从斜槽上相同的位置无初速度释放钢球

②该组同学通过实验,得到了钢球做平抛运动的轨迹,如图丙中的曲线OP所示.在曲线OP上取A、B、C、D四点,这四个点对应的坐标分别为 $(x_A, y_A)$ 、 $(x_B, y_B)$ 、 $(x_C, y_C)$ 、 $(x_D, y_D)$ ,使 $y_A : y_B : y_C : y_D = 1 : 4 : 9 : 16$ ,若 $x_A : x_B : x_C : x_D =$  \_\_\_\_\_,则说明钢球在x方向的分运动为匀速直线运动.



乙



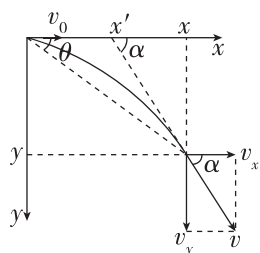
丙

## 习题课：平抛运动规律的应用

### 学习任务一 平抛运动的两个重要二级结论

[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 $\alpha$ ,位移方向与水平方向的夹角(位移偏向角)为 $\theta$ ,试证明 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$ .



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

---



---



---



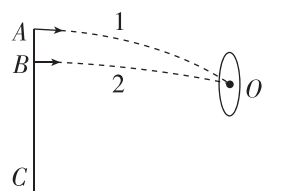
---



---

**例 1** [2024·汕头金山中学月考] 某同学玩飞镖时,先后两次飞镖的抛出点在同一竖直线上的 A、B 两点,将飞镖沿水平方向抛出后,飞镖均扎在靶心 O 处,两飞镖的轨迹如图中曲线 1、2 所示,飞镖扎在靶上瞬间的速度与水平方向的夹角分别为  $\alpha$ 、 $\beta$ . 已知 AB、BO 的竖直高度相同,飞镖可视为质点,空气阻力忽略不计. 则下列说法正确的是 ( )

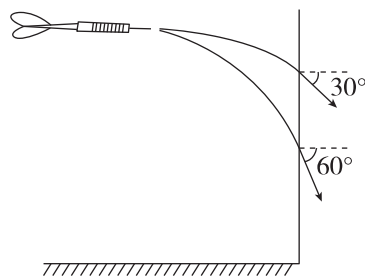
- A. 先后两次飞镖抛出时的初速度大小之比为  $1:\sqrt{2}$
- B. 先后两次飞镖在空中的运动时间之比为  $2:1$
- C.  $\alpha=2\beta$
- D.  $\tan \beta=2\tan \alpha$



**变式** (多选) 飞镖游戏是一种非常有趣味性的娱乐活动. 如图所示,某次飞镖比赛,某选手在同一位置向竖直墙面发射飞镖. 每次飞镖均水平射出,某

两次射出的飞镖插入墙面时速度与水平方向夹角分别为  $30^\circ$  (第一次) 和  $60^\circ$  (第二次),若不考虑所受的空气阻力,则 ( )

- A. 两次末速度的反向延长线一定交于水平位移的中点
- B. 第一次出手速度比第二次小
- C. 第一次与第二次运动的时间之比为  $1:\sqrt{3}$
- D. 两次末速度的大小之比为  $1:2$


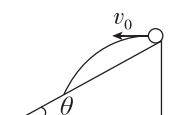
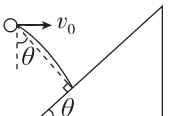


**【要点总结】**

- 平抛运动在任意时刻瞬时速度方向与水平方向夹角  $\alpha$  的正切值,是位移方向与水平方向夹角  $\theta$  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 与斜面有关的平抛运动**

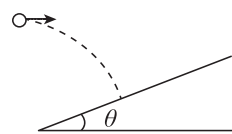
**【模型建构】** 斜面上的平抛运动常见的情景如下表:

	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 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$
已知位移方向	从斜面上平抛又落到斜面上,如图所示,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,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** 一水平抛出的小球落到一倾角为  $\theta$  的斜面上时,其速度方向与斜面垂直,运动轨迹如图中虚线所

示,则下列说法正确的是 ( )

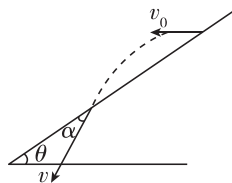
- A. 水平速度与竖直速度之比为  $\tan \theta$
- B. 水平速度与竖直速度之比为  $\frac{1}{\tan \theta}$
- C. 水平位移与竖直位移之比为  $\frac{2}{\tan \theta}$
- D. 水平位移与竖直位移之比为  $\frac{1}{2\tan \theta}$



**【反思感悟】**

**例 3** [2024·执信中学月考] 如图所示,从倾角为  $\theta$  的斜面上某点先后将同一小球以不同的初速度水平抛出,小球均落在斜面上. 当抛出的速度为  $v_1$  时,小球到达斜面时速度方向与斜面的夹角为  $\alpha_1$ ; 当抛出速度为  $v_2$  时,小球到达斜面时速度方向与斜面的夹角为  $\alpha_2$ , 则 ( )

- A. 无论  $v_1$ 、 $v_2$  关系如何,均有  $\alpha_1 = \alpha_2$
- B. 当  $v_1 > v_2$  时,  $\alpha_1 > \alpha_2$
- C. 当  $v_1 > v_2$  时,  $\alpha_1 < \alpha_2$
- D.  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  的关系与斜面倾角  $\theta$  有关



**【反思感悟】**

**【要点总结】**

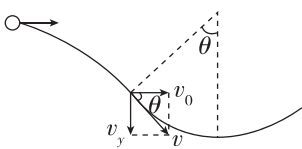
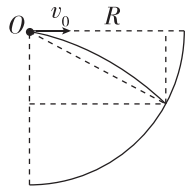
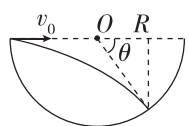
求解平抛运动与斜面相结合问题的方法

(1) 解决平抛运动与斜面结合问题的切入点是位移方向，

即  $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$ , 或者  $t = \frac{2v_0 \tan \theta}{g}$ .

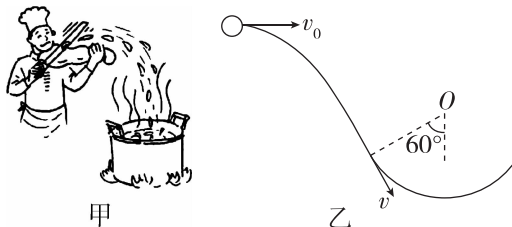
(2) 在落点作出速度分解图, 根据(1)中的时间, 确定速度关系.

**学习任务三 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	<p>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</p> 	<p>分解速度</p> $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$
利用位移关系	<p>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</p> 	$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2} g t^2 \\ x^2 + y^2 = R^2 \end{cases}$
	<p>从与圆心等高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</p> 	$\begin{cases} x = R + R \cos \theta \\ x = v_0 t \\ y = R \sin \theta = \frac{1}{2} g t^2 \\ (x - R)^2 + y^2 = R^2 \end{cases}$

**例 4** [2023 · 云浮期末] 我国的面食文化博大精深, 种类繁多, 其中“刀削面”堪称一绝, 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

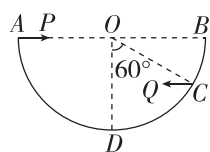
里, 如图甲所示. 某次剖面的过程可简化为图乙, 面片(可视为质点)以初速度  $v_0 = \sqrt{3}$  m/s 水平飞出, 正好沿锅边缘的切线方向掉入锅中, 锅的截面可视为圆心在 O 点的圆弧, 锅边缘与圆心的连线与竖直方向的夹角为  $60^\circ$ , 不计空气阻力, 重力加速度大小取  $10 \text{ m/s}^2$ , 则 ( )



- A. 面片在空中运动的时间为 0.3 s
- B. 面片在空中运动的水平位移为 0.45 m
- C. 面片运动到锅边缘时的速度大小为 4 m/s
- D. 面片从飞出到落到锅边缘的位移方向与水平方向的夹角为  $30^\circ$

[反思感悟] .....

**例 5** [2024 · 江门期中] 如图所示, 水平地面上有一个大坑, 其竖直截面为半圆, O 为圆心, AB 为沿水平方向的直径. 若在 A 点水平向右抛出小球 P, 在 C 点水平向左抛出另一小球 Q, 小球 P、Q 分别击中坑壁上的 C 点和最低点 D 点. 已知  $\angle COD = 60^\circ$ , 不计空气阻力, 则对于两小球击中坑壁前的运动, 下列说法正确的是 ( )



- A. 小球 P 在空中的飞行时间大于小球 Q 在空中的飞行时间
- B. 小球 P 在空中的飞行时间等于小球 Q 在空中的飞行时间
- C. 小球 P 在空中的飞行时间小于小球 Q 在空中的飞行时间
- D. 无法确定小球飞行时间的大小关系

[反思感悟] .....

**// 随堂巩固 //**

1. (与斜面有关的平抛运动) 如图所示, 固定斜面的倾角为  $\alpha$ , 高为 h, 一小球从斜面顶端水平抛出, 落至斜面底端, 重力加速度为 g, 不计空气阻力, 则小球从抛出到离斜面距离最大所用的时间为 ( )

- A.  $\sqrt{\frac{h \sin \alpha}{2g}}$
- B.  $\sqrt{\frac{h}{2g}}$
- C.  $\sqrt{\frac{h}{g}}$
- D.  $\sqrt{\frac{2h}{g}}$

