全品
— SINCE 1992 —

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2

北京专版

必修第二册 RJ

数智教辅

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 …… 101

2　运动的合成与分解 …… 104

第 1 课时　运动的合成与分解 …… 104

第 2 课时　运动的合成与分解的应用 …… 105

3　实验：探究平抛运动的特点 …… 107

4　抛体运动的规律 …… 110

第 1 课时　平抛运动的性质和规律 …… 110

第 2 课时　多个物体平抛运动的比较　一般的抛体运动 …… 113

专题课：平抛运动与各种面结合问题 …… 115

专题课：平抛运动中的临界极值问题　类平抛运动 …… 118

知识整合与通关（五） …… 120

06 第六章　圆周运动
PART SIX

1　圆周运动 …… 122

2　向心力 …… 126

第 1 课时　向心力　实验：探究向心力的大小与半径、角速度、质量的关系 …… 126

第 2 课时　匀速圆周运动向心力的大小　变速圆周运动和一般曲线运动 …… 129

3　向心加速度 …… 131

4　生活中的圆周运动 …… 133

专题课：竖直面内的圆周运动问题 …… 137

专题课：水平面内的圆周运动问题 …… 140

知识整合与通关（六） …… 143

07 第七章　万有引力与宇宙航行
PART SEVEN

1　行星的运动 …… 145

2　万有引力定律 …… 147

3　万有引力理论的成就 …… 151

4　宇宙航行 …… 154

专题课：卫星变轨和双星问题 …… 158

5　相对论时空观与牛顿力学的局限性 …… 161

知识整合与通关（七） …… 164

08 第八章　机械能守恒定律
PART EIGHT

1　功与功率 …… 166

第 1 课时　功 …… 166

第 2 课时　功率 …… 170

专题课：机车启动问题 …… 172

2　重力势能 …… 174

3　动能和动能定理 …… 178

专题课：动能定理的应用 …… 181

4　机械能守恒定律 …… 184

专题课：系统机械能守恒的应用 …… 187

专题课：功能关系及其应用 …… 190

5　实验：验证机械能守恒定律 …… 194

知识整合与通关（八） …… 197

◆ 参考答案 …… 199

第五章　抛体运动

1　曲线运动

学习任务一　曲线运动的速度方向及其性质

[问题导学]

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？

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空：

1. 物体的运动轨迹为_____的运动叫作曲线运动.

2. 质点在某一点的速度方向沿曲线在这一点的_____.

3. 在曲线运动中，速度的_____是变化的，由于速度是_____，既有大小，又有方向，所以曲线运动一定是_____运动.

【辨别明理】

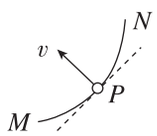
1. 做曲线运动的物体，速度可能不变.　（　）

2. 曲线运动一定是变速运动，但变速运动不一定是曲线运动.　（　）

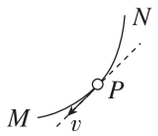
3. 做曲线运动的物体的位移大小可能与路程相等.　（　）

4. 做曲线运动的物体加速度一定不为零.（　）

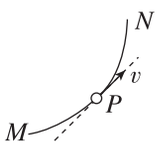
例 1　钢球沿曲线 MN 由 M 向 N 运动，途经 P 点时的速度为 v，虚线是曲线上过 P 点的切线，图中 P 点速度方向表示正确的是　（　）



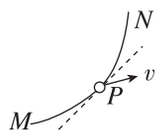
A



B



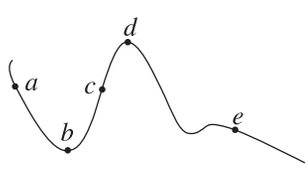
C



D

[反思感悟]

例 2 [2024·北京育才中学高一期中] 某质点沿如图所示的曲线 $abcde$ 运动，则 a、b、c、d、e 各点的速度方向中，速度方向大致相同的两点是　（　）



A. a 与 c　　B. b 与 d

C. c 与 e　　D. a 与 e

[反思感悟]

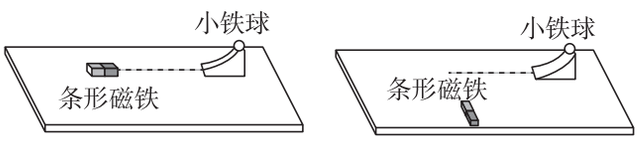
【要点总结】

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.

学习任务二　物体做曲线运动的条件

[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，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，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)小球做曲线运动时，受到的吸引力方向指向轨迹弯曲的_____.

[科学思维] **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

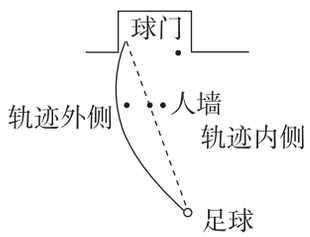
【辨别明理】

1. 物体受恒力作用不可能做曲线运动. (　)

2. 做曲线运动的物体，速度与合力不可能在同一条直线上. (　)

3. 物体受到的合力不为零时一定做曲线运动. (　)

例 3 [2024·北京丰台区高一期中] 在足球场上罚任意球时，运动员踢出的“香蕉球”，在行进中绕过“人墙”转弯进入了球门，守门员“望球莫及”，其轨迹如图所示. 关于足球在这一飞行过程中的受力方向和速度方向，下列说法正确的是 (　)



A. 合力的方向与速度方向在一条直线上

B. 合力的方向沿轨迹切线方向，速度方向指向轨迹内侧

C. 合力方向指向轨迹内侧，速度方向沿轨迹切线方向

D. 合力方向指向轨迹外侧，速度方向沿轨迹切线方向

[反思感悟]

例 4 (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]

素养提升

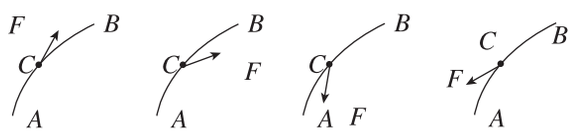
曲线运动特征

(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.

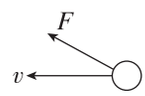
(3)轨迹特征:曲线运动的轨迹始终夹在合力方向与速度方向之间,而且向合力的一侧弯曲,或者说合力的方向总指向曲线的凹侧,轨迹只能平滑变化,不会出现折线.

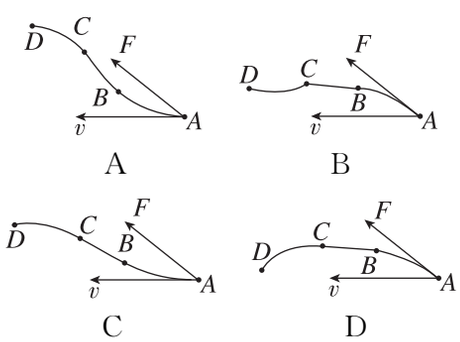
示例 [2024·北京清华附中高一期末]质点沿如图所示的轨道由 A 点到 B 点做曲线运动,速度逐渐减小,图中能正确表示质点在 C 处受力的是 (　)



A　　B　　C　　D

变式 [2024·北京丰台区高一期末]一个物体在光滑水平面上做匀速直线运动,其速度方向如图中的 v 所示. 从 A 点开始,它受到向前但偏右(观察者沿着物体前进的方向看,下同)的外力 F;到达 B 点时,这个外力的方向突然变为与前进方向相同;到达 C 点时,外力的方向又突然改为向前但偏左;物体最终到达 D 点. 则关于物体由 A 点到 D 点的运动轨迹,下列选项中可能正确的是 (　)





A　　B　　C　　D

随堂巩固

1. (对曲线运动速度方向的理解)关于曲线运动的速度,下面说法中正确的是 (　)

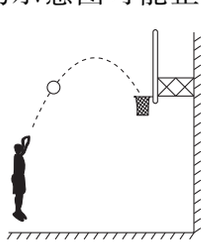
A. 速度的大小与方向都发生变化

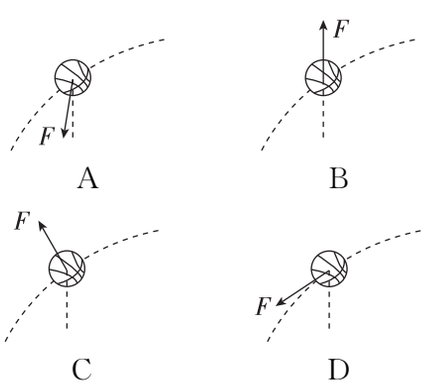
B. 速度的大小不断发生变化,速度的方向不一定发生变化

C. 质点在某一点的速度方向沿曲线上该点的切线方向

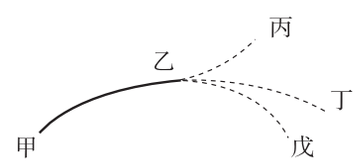
D. 质点在某一点的速度方向与曲线上该点的切线方向垂直

2. (物体做曲线运动的条件)某同学在练习投篮,篮球在空中的运动轨迹如图中虚线所示,篮球所受合力 F 的示意图可能正确的是 (　)





3. (曲线运动的条件)某质点从甲点沿如图所示的曲线运动到乙点,质点受力的大小为 F. 经过乙点后,若力的方向突然变为与原来相反,则从乙开始运动的路径可能是沿 (　)



A. 乙甲　　B. 乙丙

C. 乙丁　　D. 乙戊

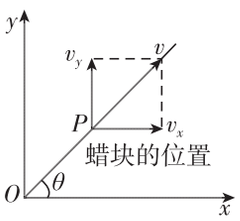
2　运动的合成与分解

第 1 课时　运动的合成与分解

学习任务一　运动描述的实例——探究合运动与分运动

[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 轴的正方向.

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：$x=$_____，$y=$_____.

3. 蜡块的运动轨迹

由以上两式可得：$y=$_____. 因为 v_y、v_x 都是常量，所以蜡块的运动轨迹是一条_____.

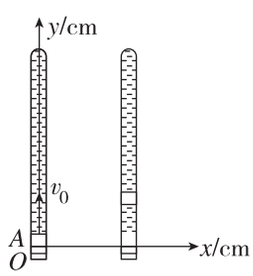
4. 蜡块运动的速度

(1)蜡块运动的速度大小 $v=$_____.

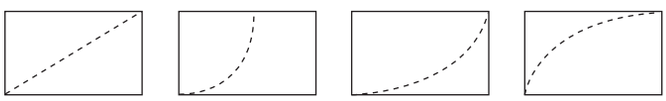
(2)蜡块运动的速度方向与 x 轴正方向夹角为 θ，则 $\tan\theta=$_____.

例 1 [2024·北京房山区高一期中] 请阅读下述文字，完成下面小题.

在一端封闭的光滑细玻璃管内注满清水，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，如图所示建立坐标系，蜡块 A 从坐标原点 O 沿玻璃管匀速上升，同时使玻璃管沿 x 轴正方向做匀速直线运动.



(1)观察蜡块 A 的运动情况，则运动轨迹为(　)



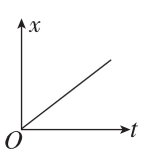
A　　B　　C　　D

(2)蜡块 A 水平方向位移和竖直方向位移分别为 x、y，水平方向速度和竖直方向速度分别为 v_x、v_y，描述蜡块 A 的运动与时间的关系图像正确的是(　)

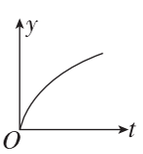


A

B



C



D

[反思感悟]

【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_____，由合运动求分运动的过程叫_____. 运动的合成与分解是描述运动的三个矢量的合成与分解，即_____、_____和_____的合成与分解.

2. 运动的合成与分解应遵从_____.

【辨别明理】

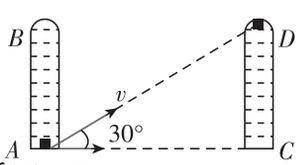
1. 合运动与分运动是同时进行的，时间相等.（　）

2. 合运动一定是实际发生的运动.（　）

3. 合运动的速度一定比分运动的速度大.（　）

4. 两个夹角为 90°的匀速直线运动的合运动，一定也是匀速直线运动.（　）

例 2 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

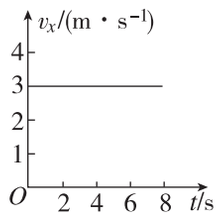
[**反思感悟**]

例 3 如图所示，图甲表示某物体在 x 轴方向上的分运动的 v_x-t 的图像，图乙表示该物体在 y 轴方向上的分运动的 v_y-t 图像. 求：

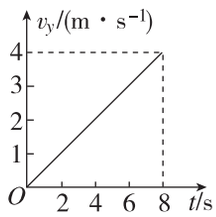
(1)物体在 $t=0$ 时的速度大小；

(2)$t=8$ s 时物体的速度大小；

(3)0～4 s 内物体的位移大小.



甲



乙

随堂巩固

1.（对运动的合成与分解的理解）现在自然灾害日益严重，在救灾过程中有时不得不出动军用直升机为被困灾民空投物资. 直升机空投物资时，可以停留在空中不动，当物资从直升机上由静止投下后，在下落过程中将会受到水平风力的影响，下列说法中正确的是（　）

A. 风力越大，物资下落时间越长

B. 物资速度方向一定每时每刻都在变化

C. 物资下落时间与风力无关

D. 物资着地速度与风力无关

2.（运动的合成）[2025·北京北师大二附高一月考] 无风时某跳伞运动员竖直下落，着地时速度是 5 m/s. 现在有风，运动员在竖直方向的运动情况与无风时相同，风使他以 4 m/s 的速度沿着水平方向向东运动. 运动员着地时（　）

A. 速度大小是 3 m/s，方向与水平方向夹角为 37°

B. 速度大小是 3 m/s，方向与水平方向夹角为 53°

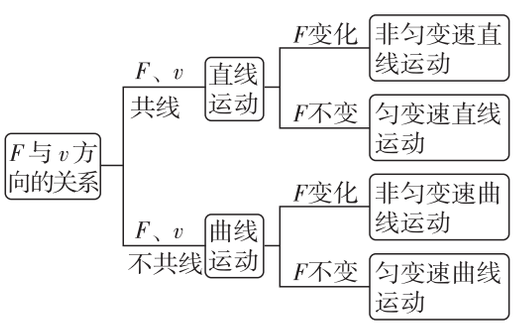
C. 速度大小大约是 6.4 m/s，方向与水平方向夹角小于 45°

D. 速度大小大约是 6.4 m/s，方向与水平方向夹角大于 45°

第 2 课时　运动的合成与分解的应用

学习任务一　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 1　有关运动的合成，下列说法中正确的是（　）

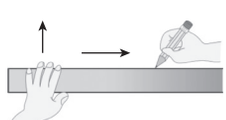
A. 两个直线运动的合运动一定是直线运动

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

例 2 [2025·北京一六一中学高一月考] 如图所示，某同学在研究运动的合成时做了下述活动：用左手沿黑板推动直尺竖直向上运动，运动中保持直尺水平，同时，用右手沿直尺向右移动笔尖. 若该同学左手的运动为匀速运动，右手相对于直尺的运动为初速度为零的匀加速运动，则关于笔尖的实际运动，下列说法中正确的是（　）



A. 笔尖做匀速直线运动

B. 笔尖做变加速运动

C. 笔尖做匀变速直线运动

D. 笔尖的速度方向与水平方向夹角逐渐变小

【要点总结】

几种常见的运动合成情况

两个互成角度（$0<\theta<180°$）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 $v_{合}$ 与 $a_{合}$ 共线，则为匀变速直线运动
	若 $v_{合}$ 与 $a_{合}$ 不共线，则为匀变速曲线运动

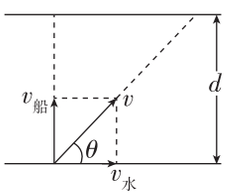
学习任务二　小船渡河问题

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

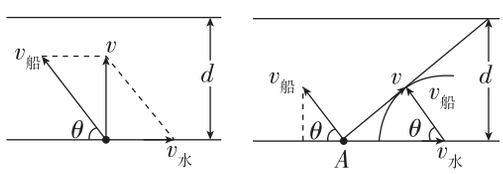
②若要渡河时间最短,只要使船头垂直于河岸航行即可,如图所示,此时 $t=\dfrac{d}{v_{船}}$.



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

(2)最短位移问题

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



甲　　乙

②若 $v_{水}>v_{船}$,如图乙所示,从出发点 A 开始作矢量 $v_{水}$,再以 $v_{水}$ 末端为圆心,以 $v_{船}$ 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. 这时船头与上游河岸夹角 θ 满足 $\cos\theta=\dfrac{v_{船}}{v_{水}}$,最短位移 $x_{短}=\dfrac{d}{\cos\theta}$.

例 3　已知某船在静水中的速度为 $v_1=4$ 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 $d=100$ m,水流速度为 $v_2=3$ 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?

【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.

‖随堂巩固‖

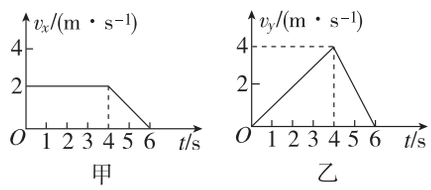
1. (合运动性质的判断)(多选)[2024·北京朝阳区高一期末] 质量为0.2 kg 的物体在水平面上运动,其两个正交分速度随时间的变化图像如图所示,则　(　)

A. 0～6 s 内物体始终做曲线运动

B. 0～4 s 内物体的位移大小为 $8\sqrt{2}$ m

C. 0～4 s 内物体做曲线运动,4 s 末物体的速度与加速度方向相反

D. 0～4 s 内物体做直线运动,4～6 s 内物体做曲线运动



甲　　乙

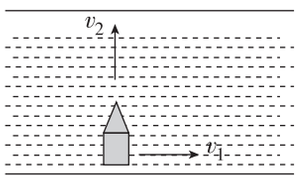
2. (小船渡河问题)如图所示,一条小船渡河,河水流速 $v_1=4$ m/s,船在静水中速度 $v_2=3$ m/s,船头方向与河岸垂直.关于小船的运动,下列说法正确的是 (　)

A. 小船的实际运动轨迹与岸垂直

B. 小船相对于岸的速度大小为 5 m/s

C. 小船相对于岸的速度大小为 7 m/s

D. 小船调整船头方向,有可能垂直河岸渡河



3　实验:探究平抛运动的特点

[**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.

【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

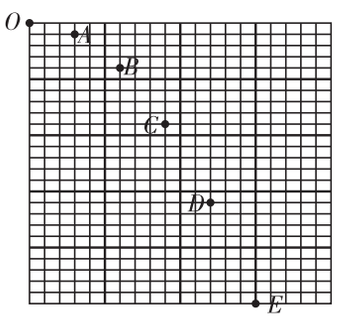
【实验步骤】

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 O 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.



频闪照相法

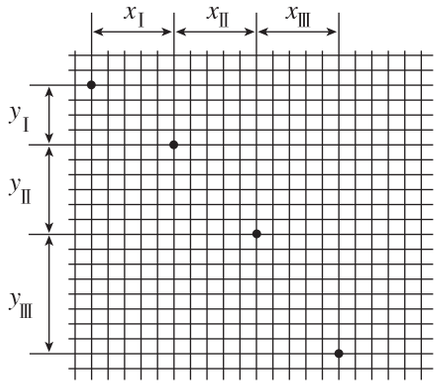
	OA	OB	OC	OD	OE	……
t	T	$2T$	$3T$	$4T$	$5T$	……
x/mm						
y/mm						

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 1 [2024·北京西城区高一期末] 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时间的位置图，用于探究平抛运动的特点.



(1)关于实验，下列做法正确的是_____(选填选项前的字母).

A. 选择体积小、质量大的小球

B. 借助重垂线确定竖直方向

C. 先抛出小球，再打开频闪仪

D. 水平抛出小球

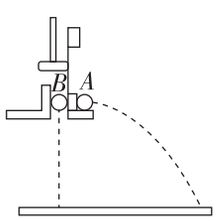
(2)以小球左边第一个位置(不是平抛起始点)的中心为起点，从左向右各位置间的水平间距依次为 x_{I}、x_{II}、x_{III}，若满足_____，可以说明平抛运动在水平方向的分运动是匀速直线运动；竖直间距依次为 y_{I}、y_{II}、y_{III}，若满足_____，可以说明平抛运动在竖直方向的分运动是匀变速直线运动.

[反思感悟]

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.

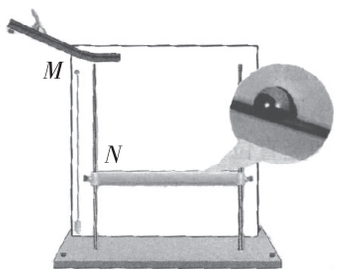


2. 用小锤击打弹性金属片，观察两球的运动轨迹，比较它们落地时间的先后.

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.

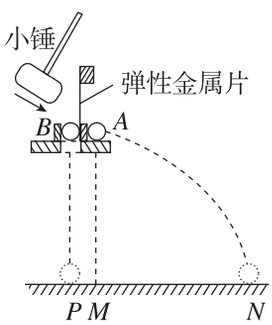
6. 用平滑曲线把这些印迹连接起来，就得到钢球做平抛运动的轨迹.

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

例 2 某物理兴趣小组采用如图所示的装置进行实验. 质量分别为 m_A 和 m_B 的 A、B 小球处于同一高度，M 为 A 球中心初始时在水平地面上的垂直投影. 用小锤打击弹性金属片，使 A 球沿水平方向飞出，同时 B 球被自动松开，B 球自由下落. 最后 B 球落到水平地面上的 P 点，A 球落到水平地面上的 N 点. 请你回答下列问题：



(1)该实验是为了验证：_____(填选项前的字母)；

A. 做平抛运动的小球 A 在竖直方向上做自由落体运动

B. 做平抛运动的小球 A 在水平方向上做匀速直线运动

C. 小球 B 在竖直方向上做自由落体运动

(2)该实验中_____(填选项前的字母).

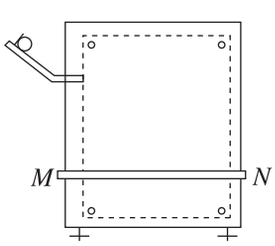
A. 两球的质量应该相等

B. 应改变装置的高度，多次进行实验

C. 需要测出装置距地面之间的竖直高度

例 3 [2024·北京怀柔区高一期末] 某同学探究平抛运动的特点.

用如图甲所示装置研究平抛运动的特点，将白纸和复写纸对齐重叠并固定在竖直硬板上，钢球沿斜槽轨道滑下后从斜槽末端飞出，落在水平挡板 M 上. 由于挡板靠近硬板一侧较低，钢球落在挡板上时，钢球会在白纸上挤压出一个痕迹点. 移动挡板，依次重复上述操作，白纸上将留下一系列痕迹点.



甲

(1)在探究平抛运动的特点时，除硬板、钢球、斜槽、铅笔、白纸和复写纸、刻度尺之外，下列器材中还需要的有_____.

A. 重垂线

B. 秒表

C. 弹簧测力计

D. 天平

(2)实验中，下列说法正确的是_____.

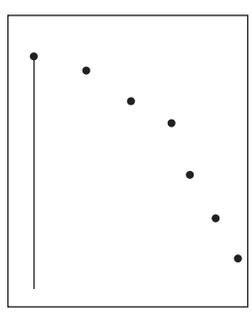
A. 斜槽轨道必须光滑

B. 斜槽轨道末端要保持水平

C. 挡板的高度需要等间距变化

D. 每次应该从斜槽上相同的位置无初速度释放钢球

(3)某同学用如图甲所示的实验装置得到的痕迹点如图乙所示，其中一个偏差较大的点产生的原因，可能是该次实验_____.



乙

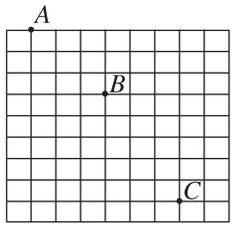
A. 钢球释放的高度偏高

B. 钢球释放的高度偏低

C. 钢球没有被静止释放

D. 挡板 MN 未水平放置

(4)如图丙所示为一钢球做平抛运动时用闪光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 1.25 cm，g 取 10 m/s^2，则：



丙

①钢球运动的初速度 $v_0=$_____ m/s；

②钢球运动至 B 点的竖直速度 $v_{yB}=$_____ m/s.(结果保留两位有效数字)

【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 (　　)

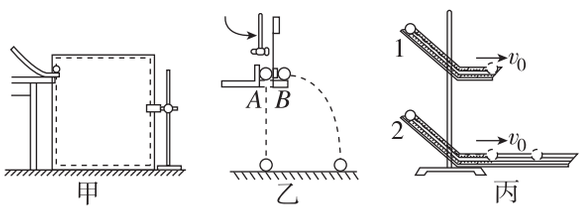
A. 实心小铁球

B. 空心小铁球

C. 实心小木球

D. 以上三种小球都可以

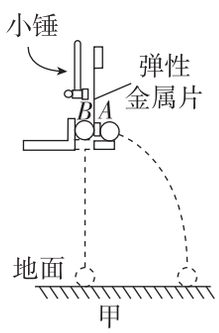
2. (实验操作)[2024·北京八十中高一期末]在“探究平抛运动的特点”的实验中：



(1)如图甲所示，为定量研究，建立以水平向右为 x 轴正方向、竖直向下为 y 轴正方向的 xOy 坐标系，取平抛运动的起始点为坐标原点，将钢球静置于该点，钢球的_____(选填“最上端”“最下端”或“球心”)对应白纸上的位置即为坐标原点.

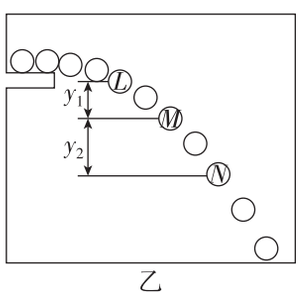
(2)如图乙所示的实验中，观察到两球同时落地，说明平抛运动在竖直方向做_____；如图丙所示的实验：将两个光滑斜轨道固定在同一竖直面内，滑道末端水平，把两个质量相等的小钢球，从斜面的相同高度由静止同时释放，观察到球 1 落到水平板上并击中球 2，这说明平抛运动在水平方向做_____.

3. (实验综合)某学习小组用图甲所示装置研究平抛运动在竖直方向的运动规律. 实验操作是：使完全相同的小球 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.



(1)小组同学们观察到的现象是：小球 A、B _____(选填“同时”或“不同时”)落地. 多次改变图甲中实验装置的离地高度后，重复上述操作，均有相同的实验现象，同学们根据这些现象大胆猜想：平抛运动在竖直方向的分运动为_____. 若增大小锤敲击力度则小球 A、B _____(选填“同时”或“不同时”)落地.

(2)为进一步验证猜想，该小组同学利用频闪相机得到了小球做平抛运动时的频闪照片如图乙，已知相机的闪光频率为 f，结合比例尺测得小球在图中 L、M、N 三个位置时球心在竖直方向的间距分别为 y_1、y_2，则可得到竖直方向的加速度 $a=$_____，经验证，此值与当地重力加速度在实验误差允许范围内近似相等，即可证明实验猜想.



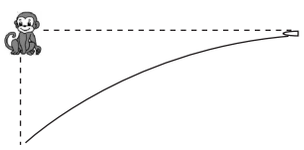
4　抛体运动的规律

第 1 课时　平抛运动的性质和规律

学习任务一　平抛运动的速度

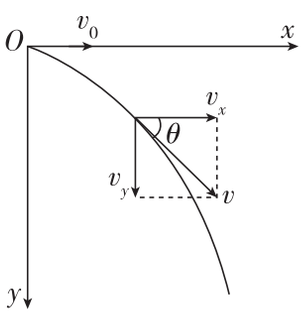
[问题导学]

如图所示，动物管理员在森林里寻找到了一只丢失的猴子，立即用麻醉枪水平射击，若注射器从枪口水平射出的瞬间，猴子从静止开始自由下落，忽略空气阻力，猴子跑掉了吗？为什么？



[科学思维] 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 $a=$_____，$v_x=v_0$.

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

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

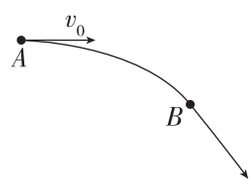
【辨别明理】

1. 平抛运动一定是匀变速运动.　（　）

2. 平抛运动的物体初速度越大，下落得越快.　（　）

3. 平抛运动物体的速度方向与水平方向的夹角越来越大，若足够高，速度方向最终可能竖直向下.　（　）

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 $\sqrt{{v_0}^2+g^2t^2}$

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 $\sqrt{{v_0}^2+g^2t^2}-v_0$

[反思感悟]

例 2 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. $\dfrac{v-v_0}{g}$　　B. $\dfrac{v+v_0}{g}$

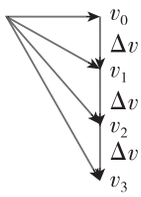
C. $\dfrac{\sqrt{v^2-{v_0}^2}}{g}$　　D. $\dfrac{\sqrt{v^2+{v_0}^2}}{g}$

[反思感悟]

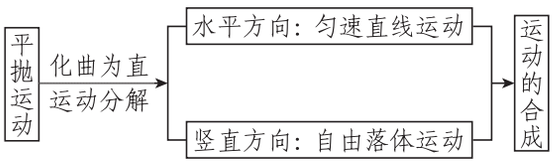
【要点总结】

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.



学习任务二　平抛运动的位移与轨迹

[模型建构] 平抛运动的位移与轨迹

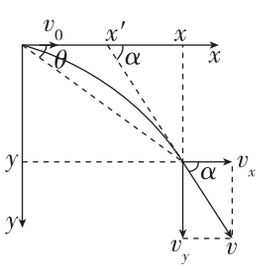
(1)水平方向：$x=$_____.

(2)竖直方向：$y=$_____.

(3)轨迹方程：$y=$_____，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.

[科学论证]

(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 $x'=\dfrac{x}{2}$.

【辨别明理】

1. 平抛运动合位移的方向与合速度的方向一致.　(　)

2. 平抛运动合位移的大小等于水平方向上的位移和竖直方向上的位移的代数和.　(　)

3. 做平抛运动的物体每秒内位移增量相等.　(　)

例 3 [2024·北京四中高一期中] 小天同学利用无人机玩“空投”游戏. 无人机以 $v_0=2$ m/s 的速度水平向右匀速飞行，在某时刻释放了一个小球. 此时无人机到水平地面的距离 $h=20$ m，空气阻力忽略不计，g 取 10 m/s^2.

(1)求小球下落的时间 t；

(2)求小球释放点与落地点之间的水平距离 x；

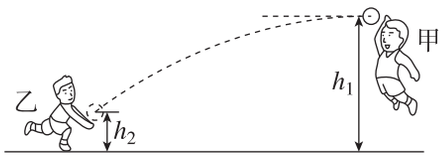
(3)小娇同学利用高速摄像机记录了整个“空投”的过程，如果以小球抛出点为坐标原点，分别以水平和竖直方向为坐标轴建立直角坐标系，请证明小球在空中的轨迹是一条抛物线.

例 4 [2024·北京大兴一中高一月考] 体育课上，甲同学在距离地面高 $h_1=2.5$ m 处将排球击出，球的初速度沿水平方向，大小为 $v_0=8.0$ m/s；乙同学在离地 $h_2=0.7$ m 处将排球垫起，垫起前后球的速度大小相等，方向相反. 已知排球质量 $m=0.3$ kg，重力加速度 g 取 10 m/s^2. 不计空气阻力. 求：

(1)排球被垫起前在空中飞行的时间 t；

(2)排球被垫起前在水平方向飞行的距离 x；

(3)排球被垫起前瞬间的速度大小 v.



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 (　　)

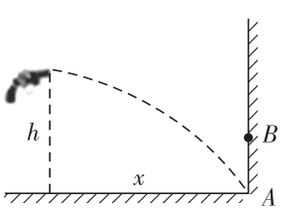
A. 平抛运动是一种在恒力作用下的曲线运动

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. (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 (　　)



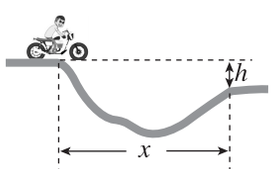
A. $\frac{1}{2}x$　　B. $\frac{\sqrt{2}}{2}x$　　C. $\frac{1}{4}x$　　D. $\frac{\sqrt{2}}{4}x$

3. (平抛运动规律的应用)[2024·北京朝阳区高一期末] 某人骑摩托车越过一个壕沟,壕沟两侧的高度差 $h=0.8$ m.摩托车后轮离开地面后失去动力,可视为平抛运动,后轮落到壕沟对面才算安全.若摩托车恰好越过这个壕沟的初速度为 $v_0=12$ m/s,重力加速度 g 取 10 m/s^2.求:

(1)摩托车在空中运动的时间 t；

(2)壕沟两侧的水平距离 x；

(3)摩托车恰好越过壕沟落地前瞬间的速度大小 v.



第 2 课时　多个物体平抛运动的比较　一般的抛体运动

学习任务一　多个物体平抛运动的比较

[**科学思维**] 当比较多个物体的平抛运动时，通常会从以下几个方面进行分析：

(1)水平方向的运动：

平抛运动在水平方向上是匀速直线运动. 多个物体如果具有相同的水平初速度，那么它们在水平方向上的运动情况相同，在相同时间内水平位移相等.

(2)竖直方向的运动：

竖直方向上都是自由落体运动. 加速度均为重力加速度 g.

下落高度 $h=\frac{1}{2}gt^2$，所以下落相同高度所用时间相同.

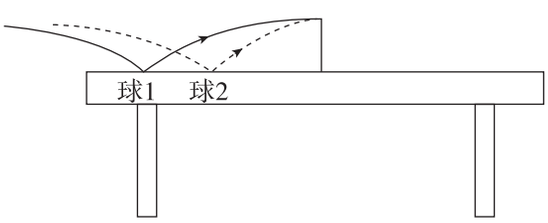
同一时刻，竖直方向的速度 $v=gt$，下落时间相同则竖直速度相同.

(3)运动时间：

由 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 可知，平抛运动的时间仅取决于下落的高度，高度相同则运动时间相同，高度不同则运动时间不同.

水平位移：水平位移 $x=v_0t$，水平初速度 v_0 相同的情况下，运动时间越长，水平位移越大.

例 1 [2026 · 北京一七一中学高一期中] 在某次乒乓球比赛中，乒乓球先后两次落台后恰好在等高处水平越过球网，过网时的速度方向均垂直于球网，把两次落台的乒乓球看成完全相同的球 1 和球 2，如图所示，不计乒乓球的旋转和空气阻力，乒乓球自起跳到最高点的过程中，下列说法正确的是　(　)



A. 起跳时，球 1 的速度小于球 2 的速度

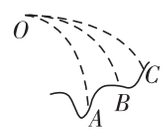
B. 球 1 的速度变化率等于球 2 的速度变化率

C. 球 1 的飞行时间大于球 2 的飞行时间

D. 过网时球 1 的速度小于球 2 的速度

[**反思感悟**]

例 2 [2024 · 北京顺义区高一期中] 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. $v_A>v_B>v_C$，$t_A<t_B<t_C$

[**反思感悟**]

【要点总结】

在两个物体(或多个物体)平抛运动问题中，要明确不同物体抛出的时刻和位置，以下四种情形较为常见：

(1)若两物体同时从同一高度(或同一点)抛出，则两物体始终在同一高度.

(2)若两物体同时从不同高度抛出，则任一时刻两物体高度差始终与抛出点高度差相同.

(3)若两物体从同一点先后抛出，则两物体高度差随时间均匀增大.

(4)若两物体从不同点先后抛出且途中相遇，则抛出点高的物体先抛出.

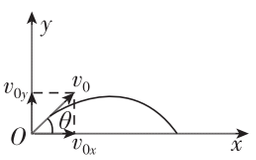
学习任务二　一般的抛体运动

[模型建构]

如果物体被抛出时的速度不沿水平方向，而是斜向上方或斜向下方（这种情况常称为斜抛），它的受力情况与平抛运动完全相同.

(1)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.

(2)斜抛运动的基本规律(以斜向上抛为例说明，如图所示)

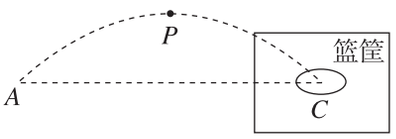


①水平方向：$v_{0x}=v_0\cos\theta$，$F_{合x}=0$.

②竖直方向：$v_{0y}=v_0\sin\theta$，$F_{合y}=mg$.

(3)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·北京丰台区高一期中] 在篮球比赛中，篮球的投出角度太大或太小，都会影响投篮的命中率. 一运动员在某次跳起投篮时，投球点和篮筐正好在同一水平面上，篮球与水平面成 45°角准确落入篮筐. 篮球视为质点，其运动轨迹可简化为如图所示，A 是篮球的投出点，P 是篮球运动轨迹的最高点，C 是篮球的投入点. 已知 AC 间的水平距离为 5 m，重力加速度 g 取 10 m/s^2，不考虑空气阻力，则下列说法中正确的是　(　)



A. 篮球在 P 点速度为 10 m/s

B. 篮球从投出到进入篮筐的时间为 2 s

C. 篮球落入篮筐时的速度大小为 $5\sqrt{2}$ m/s

D. 篮球运动轨迹上 P、C 两点的高度为1.5 m

例 4 某一同学从相同高度抛出实心球 A、B，抛出后再次落到抛出高度的轨迹如图所示. 两球运动的最大高度相同. 不计空气阻力. 此过程中下列说法正确的是　(　)



A. 球 B 的加速度比球 A 的大

B. 球 B 的飞行时间比球 A 的长

C. 球 B 在最高点的速度比球 A 在最高点的大

D. 球 B 的初速度比球 A 的初速度小

随堂巩固

1. (一般的抛体运动)[2024·北京怀柔区高一期末] 掷实心球比赛中，某同学将实心球斜向上抛出，轨迹如图所示，不计空气阻力. 根据实心球的受力情况和运动情况，参考平抛运动的研究方法，实心球的运动可以看成哪两个运动的合成　(　)



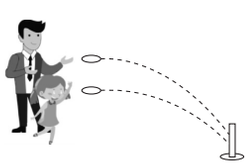
A. 水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动

B. 水平方向的匀速直线运动和竖直方向的匀变速直线运动

C. 水平方向的匀变速直线运动和竖直方向的匀变速直线运动

D. 水平方向的匀变速直线运动和竖直方向的匀速直线运动

2. (多个物体平抛运动的比较)[2026·北京八一学校高一月考] 如图所示，小孩和大人在同一竖直线上不同高度先后水平抛出相同的小圆环，圆环均套中前方同一物体. 若小圆环的运动可视为平抛运动，则　(　)



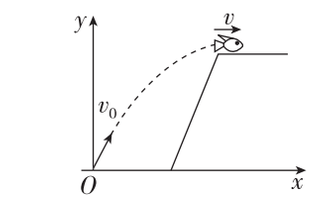
A. 大人抛出的圆环初速度较大

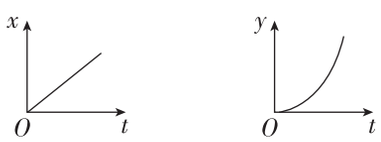
B. 小孩抛出的圆环初速度较大

C. 小孩抛出的圆环在空中加速度大

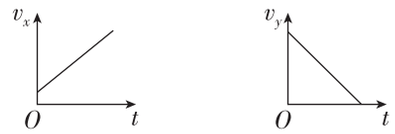
D. 大人抛出的圆环落地速度一定较大

3. (一般的抛体运动)(多选)一条河流某处存在高度差,小鱼从低处向上跃出水面,冲到高处.如图所示,以小鱼跃出水面处为坐标原点,x 轴沿水平方向,建立坐标系,小鱼的初速度为 v_0,末速度 v 沿 x 轴正方向.在此过程中,小鱼可视为质点且只受重力作用.关于小鱼的水平位置 x、竖直位置 y、水平方向分速度 v_x 和竖直方向分速度 v_y 与时间 t 的关系,下列图像可能正确的是 (　　)



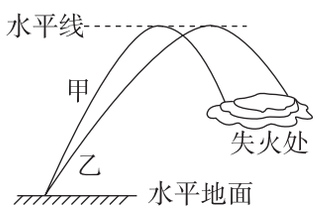


A　　B



C　　D

4. (一般的抛体运动)消防员在一次用高压水枪灭火的过程中,消防员同时启动了多个喷水口进行灭火.如果有甲、乙两个靠在一起的高压水枪,它们的喷水口径相同,所喷出的水在空中运动的轨迹如图所示,已知两曲线在同一竖直面内,忽略空气阻力,则由图可得出的结论正确的是 (　　)



A. 甲、乙水枪喷出水的速度相等

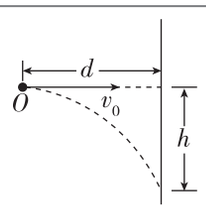
B. 乙水枪喷出的水在空中运动的时间较长

C. 乙水枪喷出的水在最高点的速度较大

D. 甲水枪喷水的速度大

专题课:平抛运动与各种面结合问题

专题强化一　与竖直面有关的平抛运动

图示	
定量关系	水平方向:$d=v_0t$ 竖直方向:$h=\frac{1}{2}gt^2$

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

[反思感悟]