



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 S

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 | 107 |
| 2 运动的合成与分解 | 109 |
| 第 1 课时 运动的合成与分解一般规律 | 109 |
| 第 2 课时 运动的合成与分解常见模型 | 111 |
| 3 实验:探究平抛运动的特点 | 114 |
| 4 抛体运动的规律 | 117 |
| 第 1 课时 平抛运动的性质和规律 | 117 |
| 第 2 课时 平抛运动的两个重要推论 一般的抛体运动 | 119 |
| 专题课:平抛运动与各种面结合问题 | 121 |
| 专题课:平抛运动中的临界与极值问题 | 124 |
| 知识整合与通关(五) | 126 |

06 第六章 圆周运动

PART SIX

| | |
|---------------------------|-----|
| 1 圆周运动 | 129 |
| 第 1 课时 匀速圆周运动 | 129 |
| 第 2 课时 圆周运动的传动问题和周期性问题 | 131 |
| 2 向心力 | 132 |
| 第 1 课时 向心力 实验:探究向心力大小的表达式 | 132 |
| 第 2 课时 向心力的分析与计算 | 135 |
| 3 向心加速度 | 137 |
| 4 生活中的圆周运动 | 138 |
| 专题课:竖直平面内的圆周运动问题 | 141 |
| 专题课:水平面内的圆周运动问题 | 144 |
| 知识整合与通关(六) | 146 |

07 第七章 万有引力与宇宙航行

PART SEVEN

| | |
|---------------------|-----|
| 1 行星的运动 | 148 |
| 2 万有引力定律 | 150 |
| 3 万有引力理论的成就 | 154 |
| 4 宇宙航行 | 156 |
| 专题课:同步卫星及其分析 卫星周期问题 | 159 |
| 专题课:卫星变轨和双星模型 | 162 |
| 5 相对论时空观与牛顿力学的局限性 | 165 |
| ◆ 知识整合与通关(七) | 167 |

08 第八章 机械能守恒定律

PART EIGHT

| | |
|-----------------------|-----|
| 1 功与功率 | 169 |
| 第1课时 功 | 169 |
| 第2课时 功率 | 171 |
| 专题课:变力做功问题和机车启动问题 | 173 |
| 2 重力势能 | 176 |
| 3 动能和动能定理 | 179 |
| 专题课:动能定理的应用 | 182 |
| 4 机械能守恒定律 | 185 |
| 专题课:系统机械能守恒问题 | 187 |
| 5 实验:验证机械能守恒定律 | 190 |
| 专题课:动能定理和机械能守恒定律的综合应用 | 193 |
| 专题课:功能关系及其应用 | 195 |
| ◆ 知识整合与通关(八) | 199 |

| | |
|--------|-----|
| ◆ 参考答案 | 201 |
|--------|-----|

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

[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_____.

(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.

[科学探究] 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: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?



甲

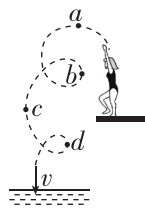


乙

【辨别明理】

1. 做曲线运动的物体,速度可能不变. ()
2. 做曲线运动的物体的位移大小可能与路程相等. ()
3. 做曲线运动的物体,加速度一定不为零. ()
4. 速度变化的运动一定是曲线运动. ()

例1 [2025·江苏盐城东台高一期末] 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

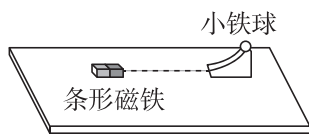
学习任务二 对曲线运动条件的理解

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

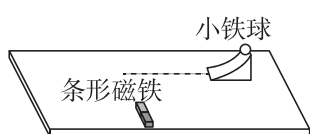
(1)动力学条件:当物体所受合力的方向与它的速度方向_____时,物体做曲线运动.

(2)运动学条件:当物体加速度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的运动方向用刻度尺在白纸上画一直线.



甲



乙

(1)图甲中,磁铁对小铁球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)小铁球做曲线运动时,受到的吸引力方向指向轨迹弯曲的_____ (选填“凹侧”或“凸侧”).

【辨别明理】

1. 物体受变力作用才做曲线运动. ()
2. 物体在方向不变的力的作用下不可能做曲线运动. ()
3. 物体所受合力恒定时,可能做曲线运动. ()

例 2 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

变式 1 一个物体在相互垂直的两个恒力作用下由静止开始运动,经过一段时间后,突然撤去一个力,则物体的运动情况是 ()

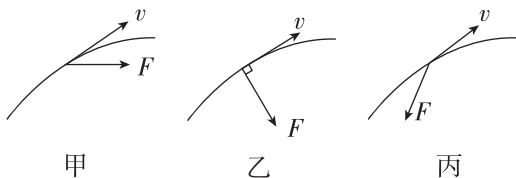
- A. 物体做匀变速曲线运动
- B. 物体做非匀变速曲线运动
- C. 物体做匀速直线运动
- D. 物体沿另一个力的方向做匀加速直线运动

| 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).若合力方向与速度方向的夹角为 α ,则:

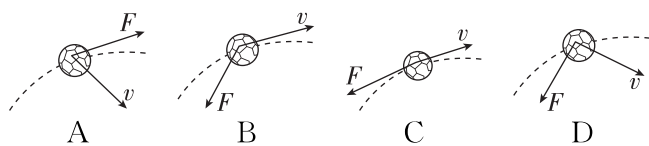
- ① α 为锐角时,速率增大,如图甲.
- ② α 为直角时,速率不变,如图乙.
- ③ α 为钝角时,速率减小,如图丙.



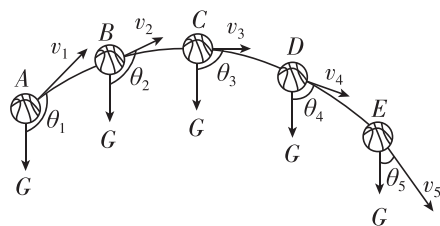
(3)轨迹特征:曲线运动的轨迹始终夹在合力方向与速度方向之间,而且向合力的一侧弯曲,或者说合力的方向总指向曲线的凹侧,轨迹只能平滑变化,不会出现折线.

示例 [2026·江苏响水中学高一月考] 江苏省城市足球联赛,简称“苏超”.某场比赛时足球在空中的飞行轨迹如图中虚线所示,足球在空中运动时不旋转,轨迹在竖直平面内.

则足球在减速上升时速度 v 和所受合力 F 的方向可能正确的是 ()



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

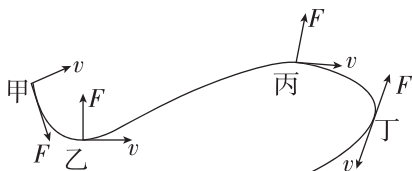


- A. 篮球在 E 点的速度比在 D 点的速度大
- B. 篮球在 A 点的加速度方向与速度的夹角小于 90°
- C. 篮球在 A 点的加速度与在 E 点的加速度相同
- D. 篮球从 A 到 E 过程中,速度先减小后增大

// 随堂巩固 //

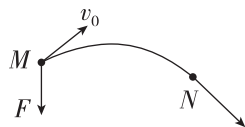
1. (曲线运动轨迹分析)[2025·江苏天一中学高一期末] 蜜蜂可以通过“舞蹈”轨迹向同伴传递信息,如图所示,摄像机记录下一个可视为质点的蜜蜂的轨迹甲乙丙丁,图中画出了蜜蜂在甲、乙、丙和丁四处所受合力 F 和速度 v 的方向,可能正确的是 ()

- A. 甲
- B. 乙
- C. 丙
- D. 丁



2. (曲线运动规律和特点的分析)[2025·江苏连云港新海高级中学高一月考] 一个物体在光滑水平面上以初速度 v_0 做曲线运动,已知在此过程中物体只受一个恒力 F 作用,运动轨迹如图所示.则由 M 到 N 的过程中,物体的速度将 ()

- A. 逐渐增大
- B. 逐渐减小
- C. 先增大后减小
- D. 先减小后增大



2 运动的合成与分解

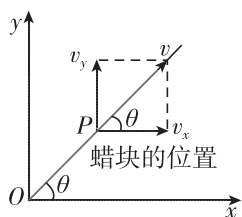
第1课时 运动的合成与分解一般规律

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)确定蜡块的位置

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 _____.

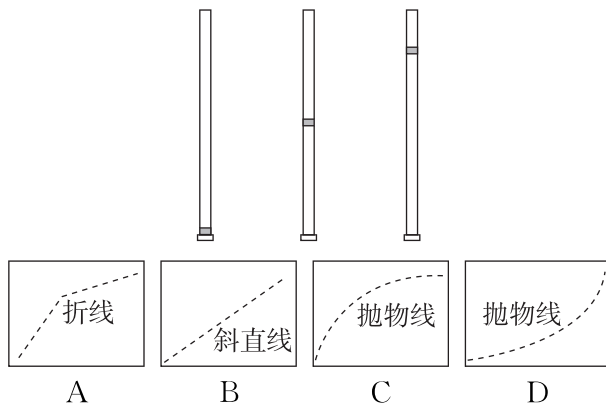
(4)蜡块运动的速度

①蜡块运动的速度大小 $v =$ _____.

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

例1 如图所示,在长约 1 m 的竖直倒置的封闭玻璃管内注满清水,水中有一个红蜡块,沿玻璃

管以速度 v 匀速上浮,与此同时玻璃管紧贴黑板以速度 $2v$ 向右匀速移动,如果你正对黑板,将看到红蜡块在黑板上形成的移动轨迹可能是下面四幅图中的 ()



【要点总结】

- 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.
- 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:

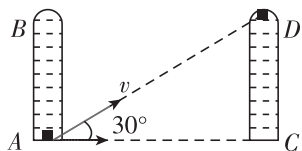
(1)由分运动求合运动的过程,叫作 _____,由合运动求分运动的过程,叫作 _____.运动的合成与分解包括 _____ 的合成与分解和 _____ 的合成与分解.

(2)运动的合成与分解应遵从 _____.

【辨别明理】

- 合运动一定是实际发生的运动. ()
- 合运动的速度一定比分运动的速度大. ()
- 由两个分速度的大小就可以确定合速度的大小. ()

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

变式 [人教教材必修二改编] 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

[模型建构] 两个互成角度的直线运动的合成

| 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 |

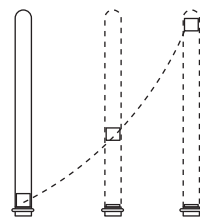
[辨别明理]

- 两个不共线的匀速直线运动的合运动一定也是匀速直线运动. ()
- 两个不共线的分运动是直线运动,它们的合运动一定也是直线运动. ()
- 两个不共线匀变速直线运动的合运动不可能是直线运动. ()

例 3 [2025·江苏扬州高一期末] 在一端封闭

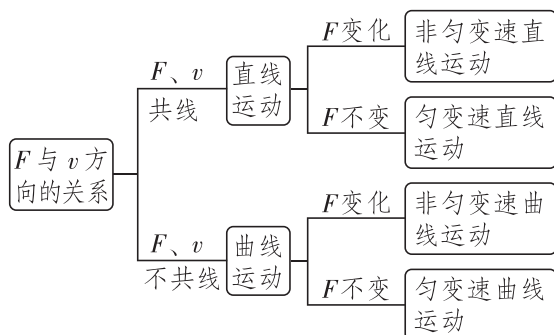
的玻璃管内注满清水,水中放一个红蜡块,将玻璃管的开口端用橡胶塞塞紧.把玻璃管倒置,蜡块沿玻璃管匀速上升.在蜡块上升的同时,玻璃管水平向右移动,蜡块运动的轨迹如图中虚线所示,则 ()

- A. 玻璃管可能做匀速直线运动
 B. 玻璃管可能做匀加速直线运动
 C. 玻璃管可能做匀减速直线运动
 D. 玻璃管的移动对蜡块上升的时间有影响



[反思感悟]

[要点总结]



// 随堂巩固 //

1. (对运动的合成与分解的理解)[2025·江苏淮安合格考] 下列关于运动的合成与分解的说法正确的是 ()

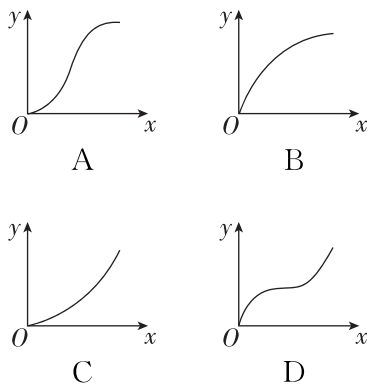
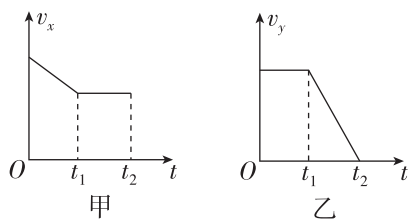
- A. 两个互相垂直的分运动是直线运动, 其合运动一定是直线运动
- B. 合运动的时间一定等于两个分运动时间之和
- C. 合运动的速度大小一定等于两个分运动速度大小之和
- D. 合运动与分运动的时间一定相等, 且合运动的速度可能小于分运动的速度

2. (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. (运动轨迹的判断) 无人机灯光表演给喜庆的节日氛围增添了几许惊艳. 在一次无人机表演中, 若分别以水平向右、竖直向上为 x 轴、 y 轴的正方向, 某架参演的无人机在 x 、 y 方向的 $v-t$ 图像分别如图甲、乙所示, 则在 $0 \sim t_2$ 时间内, 该无人机的运动轨迹为 ()



第 2 课时 运动的合成与分解常见模型

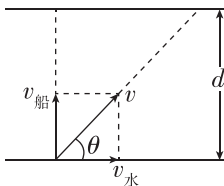
学习任务一 小船渡河问题

[模型建构] 小船的实际运动是船随水流的运动(速度为 $v_{\text{水}}$)和船在静水中的运动(速度为 $v_{\text{船}}$)的合运动. 船的航行方向是实际运动的方向, 即合速度的方向. 两个方向的运动情况相互独立、互不影响.

(1) 渡河时间最短问题

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

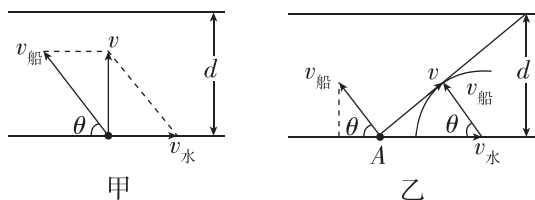
② 若要渡河时间最短, 只要使船头垂直于河岸航行即可, 如图所示, 此时 $t = \frac{d}{v_{\text{船}}}$.



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) 渡河位移最短问题

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 θ 满足 $\cos \theta = \frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}$, 如图甲所示.



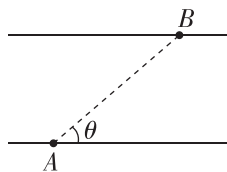
② 若 $v_{\text{水}} > v_{\text{船}}$, 如图乙所示, 从出发点 A 开始作矢量 $v_{\text{水}}$, 再以 $v_{\text{水}}$ 末端为圆心, 以 $v_{\text{船}}$ 的大小为半径画圆弧, 自出发点 A 向圆弧作切线即为船位移最小时的合运动的方向. 这时船头与河岸夹角 θ 满足 $\cos \theta = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}}$, 最短位移 $x_{\text{短}} = \frac{d}{\cos \theta}$.

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 [2025 · 江苏南京十三中高一月考] 河水流速不变, 一人划船过河, 第一次以最短时间过河, 划船速度为 v_1 ; 第二次以最短位移过河, 划船速度为 v_2 . 结果两次船航行在同一条路径 AB 上, 已知路径 AB 与河岸夹角为 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$), 如图所示, 下列说法正确的是 ()



- A. 第一次划船速度一定大于水流速度
- B. 第二次划船速度一定小于水流速度
- C. 两次划船速度的大小之比 $v_1 : v_2 = 1 : \sin \theta$
- D. 两次过河时间之比 $t_1 : t_2 = 1 : \cos^2 \theta$

【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

[模型建构] “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) 常见的模型及“关联速度”分解

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.

效果 1: (平动效果) 沿绳或杆方向的运动

效果 2: (转动效果) 垂直绳或杆方向的运动

③ 根据沿绳(或杆)方向的速度相等列方程求解

| | |
|--|--|
| | $v = v_{\parallel} = \underline{\hspace{2cm}}$ |
| | $v_{\parallel} = v_{\parallel}'$ 即 $\underline{\hspace{2cm}}$ |
| | $v_{\parallel} = v_{\parallel}'$ 即 $\underline{\hspace{2cm}}$ |
| | $v_{\text{物}}' = v_{\parallel} = \underline{\hspace{2cm}}$ |

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_____的作用,这时的运动叫作抛体运动.

(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.

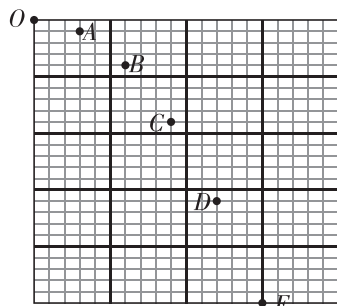
(2)分解方法:分解为水平方向的分运动和竖直方向的分运动.

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,记录小球在不同时刻的位置.



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 $A、B、C、D、E、\dots$,过 $A、B、C、D、E、\dots$ 点分别作 $x、y$ 轴的垂线,在 $x、y$ 轴上测量 $OA、OB、OC、OD、OE、\dots$ 之间的距离,记为 $x_{OA}、y_{OA}$ 等,建立表格.

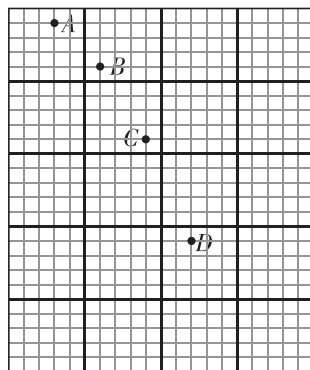
| | OA | OB | OC | OD | OE | $\dots\dots$ |
|---------------|------|------|------|------|------|--------------|
| t | T | $2T$ | $3T$ | $4T$ | $5T$ | $\dots\dots$ |
| x/mm | | | | | | |
| y/mm | | | | | | |

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 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.

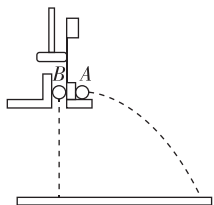
② 小球经过 B 点时的速度大小是 _____ m/s.

[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.

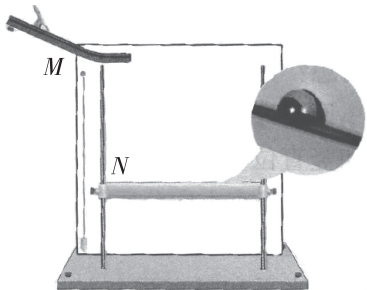


2. 用小锤击打弹性金属片, 观察两球的运动轨迹, 比较它们落地时间的先后.

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

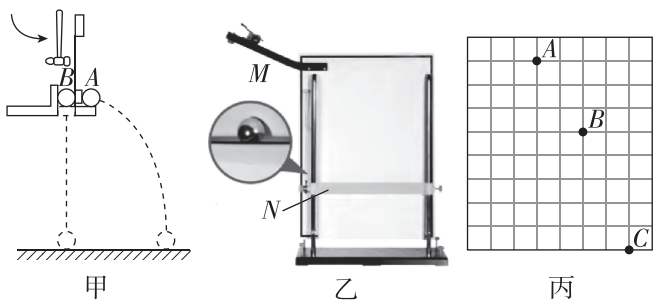
方向为 y 轴, 建立平面直角坐标系.

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

例 2 某学习小组用图甲和图乙所示的装置做“探究平抛运动的特点”的实验.



(1) 下列实验操作不合理的有 _____.

- A. 用图甲装置研究平抛物体的竖直分运动时, 比较 A、B 两球是否同时落地
- B. 图乙装置中的背板必须处于竖直面内, 固定时可用铅垂线检查背板是否竖直
- C. 若将小球放在图乙装置的斜槽末端水平部分任一位置均能保持静止, 则说明斜槽末端水平
- D. 用图乙装置多次实验以获得钢球做平抛运动的轨迹时, 可以从斜槽上任意不同位置静止释放小球

(2) 该小组利用图乙装置, 记录了小球经过的 A、B、C 三个位置, 如图丙所示. 图中每格的边长为 L , 重力加速度为 g .

①小球从 A 运动到 B 和从 B 运动到 C 的时间 _____ (选填“相等”或“不相等”);

②小球从 A 运动到 B 的时间为 _____ (用 L 、 g 表示);

③小球做平抛运动的初速度为 _____ (用 L 、 g 表示).

【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.

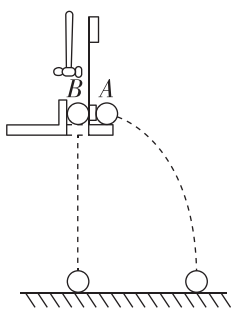
4. 钢球开始滚下的位置高度要适中,以使钢球做平抛运动的轨迹由坐标纸的左上角一直到达右下角为宜.

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.

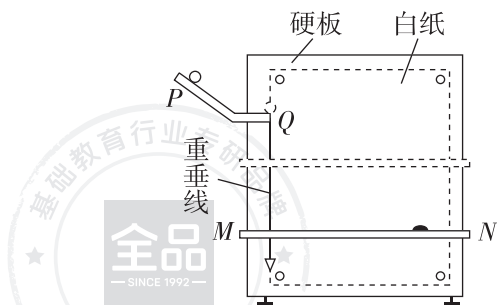
// 随堂巩固 //

1. (实验条件)为了验证平抛运动的小球在竖直方向上做自由落体运动,用如图所示的装置进行实验.小锤打击弹性金属片, A 球水平抛出,同时 B 球被松开,自由下落.关于该实验,下列说法正确的是 ()

- A. 两球的质量必须相等
- B. 两球初始位置的高度可以不同
- C. 应改变装置的高度,多次实验
- D. 实验也能说明 A 球在水平方向上做匀速直线运动



2. (实验条件)[2026·江苏江阴二中高一月考]用如图所示装置研究平抛运动.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 PQ 滑下后从末端飞出,落在水平挡板 MN 上,在白纸上留下印迹.多次实验,用平滑曲线把这些印迹连接起来,就得到钢球运动的轨迹.下列说法正确的是 ()

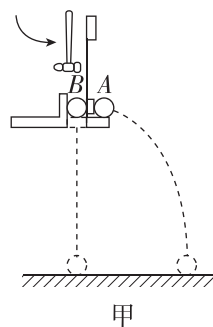


- A. 斜槽轨道必须光滑
- B. 斜槽轨道末端水平

C. 挡板高度需要等间距变化

D. 要从斜槽上不同的位置释放钢球

3. (实验综合)某同学做“探究平抛运动的特点”的实验.



步骤 1:探究平抛运动竖直分运动的特点

(1)在如图甲所示的实验中,用小锤击打弹性金属片后, A 球沿水平方向抛出,同时 B 球自由下落,通过 _____ (选填“眼睛看”或“耳朵听”)的方式比较它们落地时刻的先后更加合适.

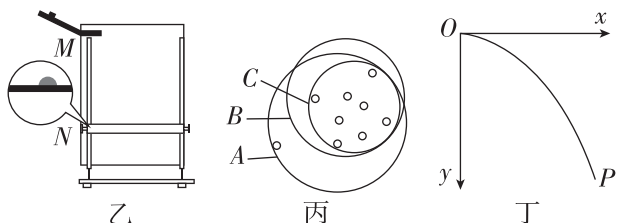
(2)在如图甲所示的实验中,用小锤击打弹性金属片后, A 球沿水平方向抛出,同时 B 球自由下落.重复实验数次,无论打击力大或小,仪器距离地面高或低, A 、 B 两球总同时落地,该实验表明 _____.

- A. 平抛运动水平方向的分运动是匀速直线运动
- B. 平抛运动水平方向的分运动是匀加速直线运动
- C. 平抛运动竖直方向的分运动是自由落体运动
- D. 平抛运动竖直方向的分运动是匀速直线运动

步骤 2:探究平抛运动水平分运动的特点

(3)如图乙所示,在探究平抛运动水平分运动的特点时,除木板、小球、斜槽、铅笔、刻度尺、图钉之外,下列器材中还需要有_____.

- A. 重垂线、白纸和复写纸
B. 秒表、天平
C. 弹簧测力计



(4)利用图乙的装置进行实验,钢球释放后落在倾斜挡板上,就会挤压复写纸,并在白纸上留下

印迹.多次实验,白纸上留下了10个印迹,如果用画圆法确定钢球的落点,图丙中画的三个圆最合理的是_____.

- A. A B. B C. C

(5)某同学通过实验,得到了钢球做平抛运动的轨迹,如图丁中的曲线OP所示.以O点为坐标原点、水平方向为x轴、竖直方向为y轴建立坐标系.已知小球在y方向的分运动是自由落体运动,他猜想小球在x方向的分运动是匀速直线运动.请你根据图丁,简要说明如何验证该同学的猜想:_____

4 抛体运动的规律

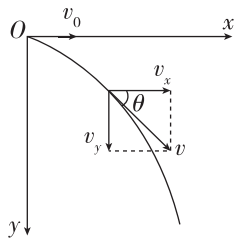
第1课时 平抛运动的性质和规律

学习任务一 平抛运动的速度

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

【辨别明理】

1. 平抛运动是曲线运动,它的速度方向不断改变,不可能是匀变速运动. ()
2. 平抛运动可以分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动. ()

3. 平抛运动的速度方向沿轨迹的切线方向,速度的大小、方向都不断变化. ()

例1 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 $v_0 + gt$,物体从A点运动到B点过程中速度变化量的大小是 $\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2} - v_0$
B. 物体在B点的速度大小是 $\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$,物体从A点运动到B点过程中速度变化量的大小是 gt
C. 物体在B点的速度大小是 $v_0 + gt$,物体从A点运动到B点过程中速度变化量的大小是 gt
D. 物体在B点的速度大小是 $\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$,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】 _____

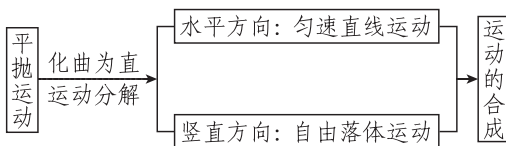
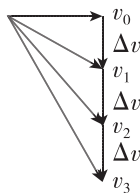
变式 一个物体以初速度 v_0 水平抛出,落地速度为 v ,重力加速度为 g ,则物体运动时间为 ()

- 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]

【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 平抛运动的规律与轨迹

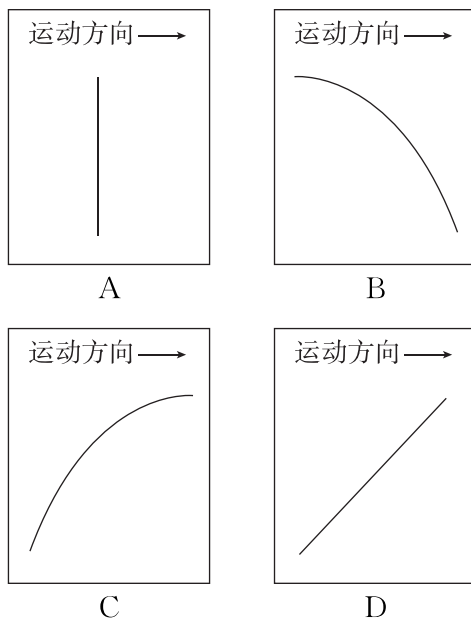
[模型建构] 平抛运动的规律

- (1) 水平方向: $x = \underline{\hspace{2cm}}$.
- (2) 竖直方向: $y = \underline{\hspace{2cm}}$.
- (3) 轨迹方程: $y = \underline{\hspace{2cm}}$, 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·江苏无锡高一期末] 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.

例 3 [2025·江苏海门中学高一期末] 在空中沿水平方向向右做匀速直线运动的飞机,沿途连续漏出沙子. 若不计空气阻力,则选项图中能反映沙子在空中排列的几何图形是 ()



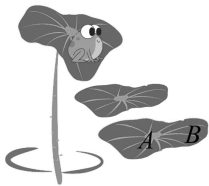
【要点总结】

影响做平抛运动的物体的飞行时间、水平射程及落地速度的因素:

- (1) 飞行时间:由 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 得到运动时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 即平抛物体在空中的飞行时间仅取决于下落的高度 h , 与初速度 v_0 无关.
- (2) 水平射程: $x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 即水平位移与初速度 v_0 和下落的高度 h 有关.
- (3) 落地速度: $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$, v 由 v_0 和 h 共同决定.

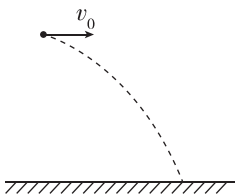
// 随堂巩固 //

1. (平抛运动规律的应用)[2026·江苏连云港高一期中] 如图所示,青蛙先后两次从高处荷叶上的同一位置,跳到低处荷叶上 A、B 两点, A、B 在同一水平面内且 A 点更靠近青蛙的起跳点. 将青蛙的跳跃视为平抛运动,则 ()



- A. 运动时间 $t_A > t_B$
 B. 运动时间 $t_A < t_B$
 C. 起跳速度 $v_A < v_B$
 D. 速度变化量 $\Delta v_A < \Delta v_B$

2. (平抛运动规律的应用) 如图所示,从地面上方某点,将一小球以 5 m/s 的初速度沿水平方向抛出,小球经过 1 s 落地. 不计空气阻力, g 取 10 m/s^2 , 则可求出 ()



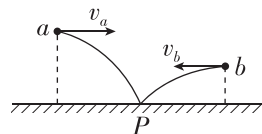
- A. 小球抛出时离地面的高度是 5 m

B. 小球从抛出点到落地点的水平位移大小是 6 m

C. 小球落地时的速度大小是 15 m/s

D. 小球落地时的速度方向与水平地面成 30° 角

3. (多个物体做平抛运动的对比)[2025·江苏梁丰高级中学高一月考] 如图,在同一竖直面内,小球 a、b 从高度不同的两点,分别以初速度 v_a 和 v_b 沿水平方向先后抛出,恰好同时落到地面上与两抛出点水平距离相等的 P 点,若不计空气阻力,则下列说法不正确的是 ()



A. 小球 a 比小球 b 先抛出

B. 初速度 v_a 小于 v_b

C. 小球 a、b 抛出点距地面高度之比为 $v_b^2 : v_a^2$

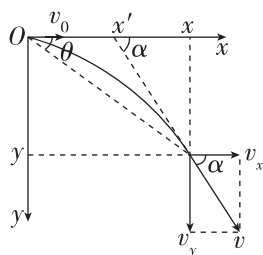
D. 初速度 v_a 大于 v_b

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 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$.



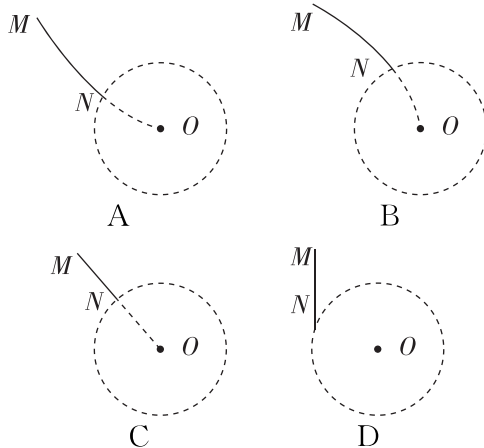
(2) 试证明平抛运动的速度的反向延长线过水平位移的中点,即 $x' = \frac{x}{2}$.

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

例 1 [2025·江苏盐城高一期末] 小明想设计一个弹射弹子的游戏,弹射器所在的导轨 MN 位于竖直平面内, N 端位于虚线圆上, O 为圆心. 游戏要求弹子从 MN 上的不同点水平弹出后, 均能沿同一方向通过 O 点, 已知弹射初速度大小可调节, 不计空气阻力. 下列导轨 MN 能满足游戏要求的是 ()



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.

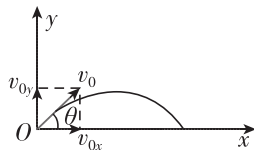
(3)斜抛运动的基本规律(以斜向上抛为例说明,如图所示)

①水平方向: $v_{0x} = v_0 \cos \theta$,

$F_{\text{合}x} = 0$.

②竖直方向: $v_{0y} = v_0 \sin \theta$

$\theta, F_{\text{合}y} = mg$.



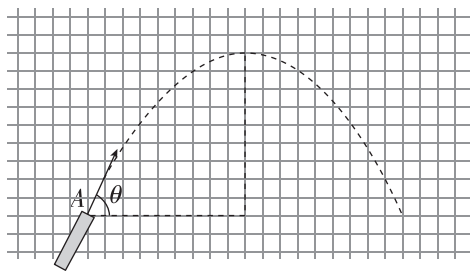
(4)斜抛运动可以看作水平方向的匀速直线运动和竖直方向的竖直上抛(或下抛)运动的合运动.

例 2 [2025·江苏徐州高一期末] 某实验小组利用图示装置探究斜抛运动的规律,使水流从 A 点射出,调节水流射出时与水平方向的夹角 θ 和速度大小,在带有方格的竖直放置的平板上,得到图中所示的水流轨迹.不计阻力,已知方格每格边长为 L ,重力加速度为 g .

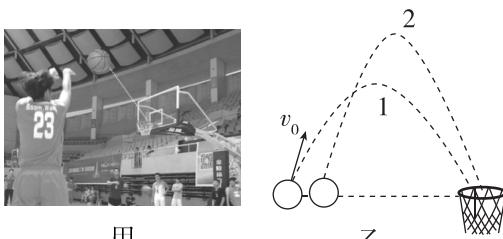
(1)求水流从射出至最高点的时间.

(2)求 θ 的正切值.

(3)若保持水流射出时的速度大小不变,将 θ 调整为 45° ,求水流到达与 A 点等高的位置时的水平位移大小.



变式 [2025·江苏扬州高一期末] 在篮球比赛中,篮球投出的初速度大小和方向都会影响投篮的命中率.如图甲所示为某运动员在进行投篮训练.忽略阻力.两次跳起投篮时投球点和篮筐正好在同一水平面上,篮球两次运动的轨迹分别如图乙中 1、2 所示,则 ()



- A. 轨迹 1 对应的篮球运动的时间长
B. 篮球在轨迹 1 最高点时速度大
C. 轨迹 2 对应的篮球抛出的初速度一定大
D. 轨迹 2 对应的篮球速度变化小

| 素养提升 |

类平抛问题

1. 类平抛运动的分析

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

(1)受力特点:物体所受合力为恒力,且与初速度的方向垂直.

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

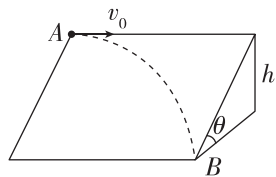
2. 求解方法

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

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

示例 如图,一光滑宽阔的斜面倾角为 θ ,高为 h ,现有一小球在 A 处以水平速度 v_0 射出,最后从 B 处离开斜面,重力加速度为 g ,下列说法不正确的是 ()

- A. 小球的运动轨迹为抛物线
B. 小球的加速度为 $g \sin \theta$
C. 小球从 A 处到达 B 处所用的时间为

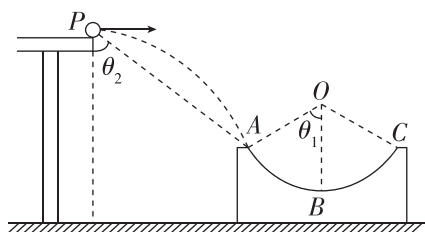


- $\frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$
D. 小球到达 B 处时水平方向位移大小为 $v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$

[反思感悟]

// 随堂巩固 //

1. (平抛运动二级结论的应用) 如图所示, 圆弧形凹槽固定在水平地面上, 其中 ABC 是以 O 为圆心的一段圆弧, 位于竖直平面内. 现有一小球从水平桌面的边缘 P 点向右水平飞出, 小球恰好能从 A 点沿圆弧的切线方向进入轨道, OA 与竖直方向的夹角为 θ_1 , PA 与竖直方向的夹角为 θ_2 , 已知 $\cot \theta = \frac{1}{\tan \theta}$, 下列说法正确的是 ()

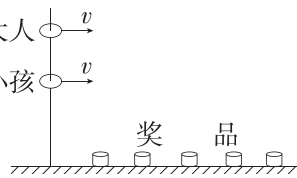


- A. $\tan \theta_1 \tan \theta_2 = 2$ B. $\cot \theta_1 \tan \theta_2 = 2$
 C. $\tan \theta_1 \cot \theta_2 = 2$ D. $\cot \theta_1 \cot \theta_2 = 2$

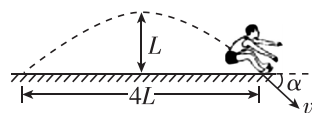
2. (一般的抛体运动) 如图所示为抛圈套物游戏, 大人与小孩在同一地点, 以相同的初速度 v 将套圈水平抛出, 大人的出手点比小孩高, 两人都刚好套中奖品. 则 ()

- A. 小孩要套中大人的奖品, 只需向后移动适当距离

- B. 小孩要套中大人的奖品, 可以保持其他条件不变, 将套圈斜向下抛出
- C. 大人要套中小孩的奖品, 可以保持其他条件不变, 将套圈斜向上抛出
- D. 大人要套中小孩的奖品, 只需适当增大初速度大小



3. (一般的抛体运动) 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. $\tan \alpha = \frac{1}{2}, v = \sqrt{2gL}$
 B. $\tan \alpha = 1, v = 2\sqrt{gL}$
 C. $\tan \alpha = \frac{1}{2}, v = 2\sqrt{gL}$
 D. $\tan \alpha = 1, v = \sqrt{2gL}$

专题课: 平抛运动与各种面结合问题

学习任务一 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: $h = \frac{1}{2} g t^2$ |

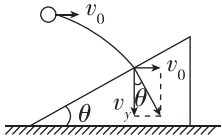
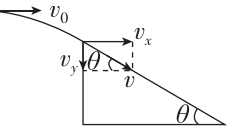
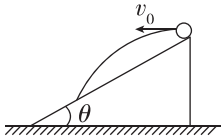
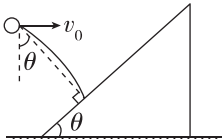
例 1 乒乓球发球机是很多球馆和球友家庭的必备娱乐和训练工具. 如图所示, 某次训练时将发球机置于地面上方某一合适位置, 然后向竖直面水平发射乒乓球. 现有两个乒乓球 a 和 b 以不同速度射出, 碰到墙面时下落的高度之比为 $9:16$, 不计阻力, 则乒乓球 a 和 b ()



- A. 碰墙前运动时间之比为 9 : 16
 B. 初速度之比为 3 : 4

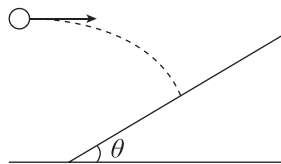
- C. 碰墙前速度变化量之比为 3 : 4
 D. 碰墙时速度与墙之间的夹角的正切值之比为 4 : 3

学习任务二 与斜面有关的平抛运动

| | 情景示例 | 解题策略 |
|--------|--|---|
| 已知速度方向 | 从斜面外平抛, 垂直落在斜面上, 如图所示, 即已知速度的方向垂直于斜面  | 分解速度 $\tan \theta = \frac{v_0}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$ |
| | 从斜面外水平抛出, 恰好无碰撞地进入斜面轨道, 如图所示, 已知该点速度沿斜面方向  | $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$ |
| 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 在某次演习中, 轰炸机沿水平方向投放了一枚炸弹, 炸弹正好垂直于倾角为 θ 的山坡击

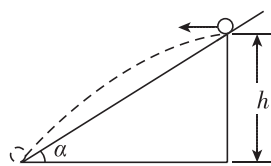
中目标, 则炸弹水平方向通过的距离与竖直方向下落的高度之比为 ()



- A. $\frac{1}{2 \tan \theta}$ B. $2 \tan \theta$
 C. $\tan \theta$ D. $\frac{1}{\tan \theta}$

[反思感悟]

例 3 [2025 · 江苏徐州一中高一月考] 如图所示, 固定斜面的倾角为 α , 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. $\sqrt{\frac{2h}{g}}$

变式 1 [2025 · 江苏盐城合格考] 如图所示, 从倾角为 θ 的足够长的斜面上 P 点以速度 v_0 水平抛出一个小球, 落在斜面上某处 Q 点, 小球落在斜面上时的速度方向与斜面的夹角为 α . 若把水平抛出的初速度变为 $2v_0$, 则下列说法正确的是 ()