

第 2 节：抛体运动

广州开元学校 段雪晴

1. 理解平抛运动、斜抛运动的概念及运动性质。
2. 掌握抛体运动的规律，会用运动的合成与分解的方法处理抛体运动、类抛体运动。
3. 学会处理斜面或圆弧面约束下的平抛运动问题。

考点 1 : 平抛运动基本规律的应用



一、平抛运动

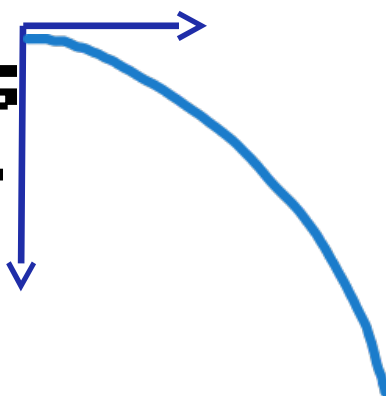
1. 定义 : 将物体以一定的初速度沿 水平 方向抛出 , 物体只在 重力 作用下的运动。

2. 性质 : 平抛运动是加速度为 g 的 匀变速 曲线运动 , 运动轨迹是 抛物线。

3. 研究方法 : 化曲为直

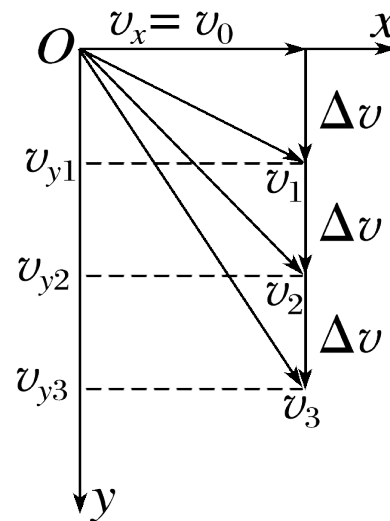
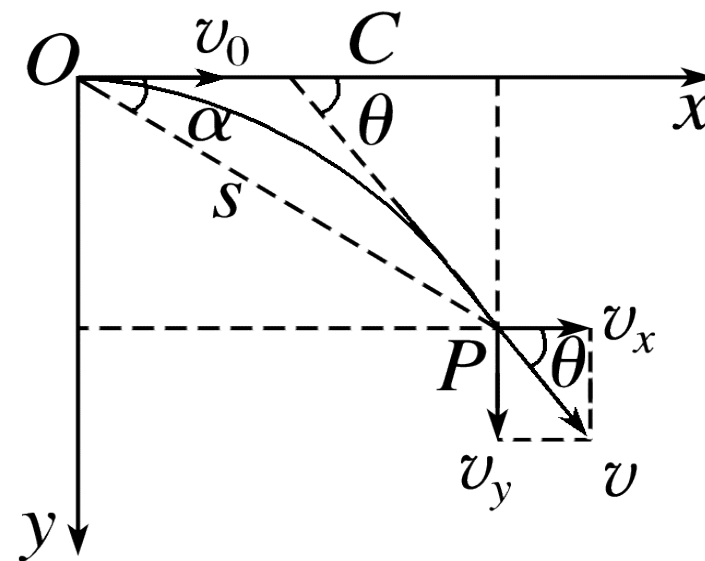
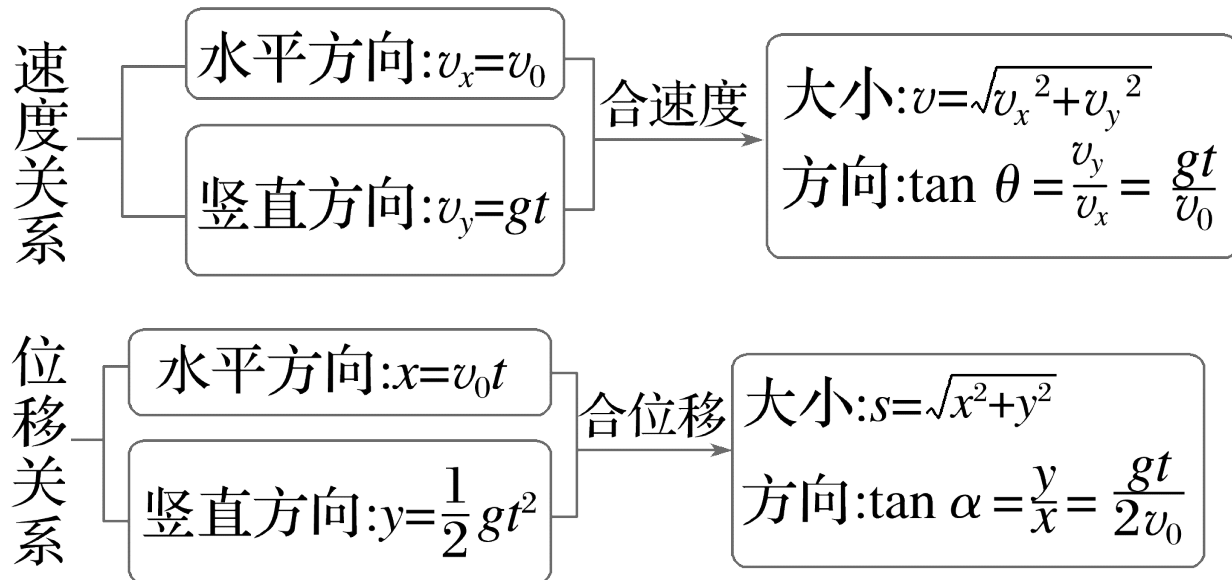
(1) 水平方向 : 匀速直线 运动 ;

(2) 竖直方向 : 自由落体 运动。



二、平抛运动的规律

1. 基本规律

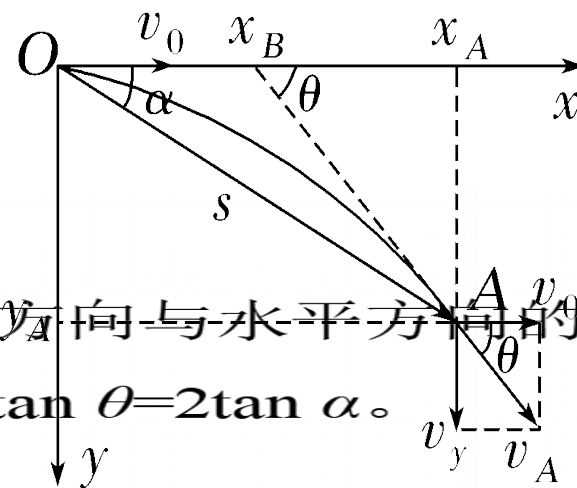


2. 平抛运动物体的速度变化量

因为平抛运动的加速度为恒定的重力加速度 g ，所以做平抛运动的物体在任意相等时间间隔 Δt 内的速度变化量 $\Delta v = g\Delta t$ 是相同的，方向恒为竖直向下，如图所示。

3. 两个重要推论

(1) 做平抛运动的物体在任意时刻的瞬时速度的反向延长线一定通过此时刻水平位移的中点，即 $x_B = \frac{1}{2}x_A$ ，如图所示。



(2) 平抛运动的物体在任意时刻任意位置处，速度方向与水平方向的夹角 θ 和位移方向与水平方向的夹角 α 的关系为： $\tan \theta = 2 \tan \alpha$ 。

推导：

$$\left. \begin{aligned} \tan \theta &= \frac{v_y}{v_0} = \frac{2y_A}{x_A} \\ \tan \alpha &= \frac{y_A}{x_A} \end{aligned} \right\} \rightarrow \tan \theta = 2 \tan \alpha$$

(2) 平抛运动的物体在任意时刻任意位置处，速度方向与水平方向的夹角 θ 和位移方向与水平方向的夹角 α 的关系为： $\tan \theta = 2 \tan \alpha$ 。

推导：

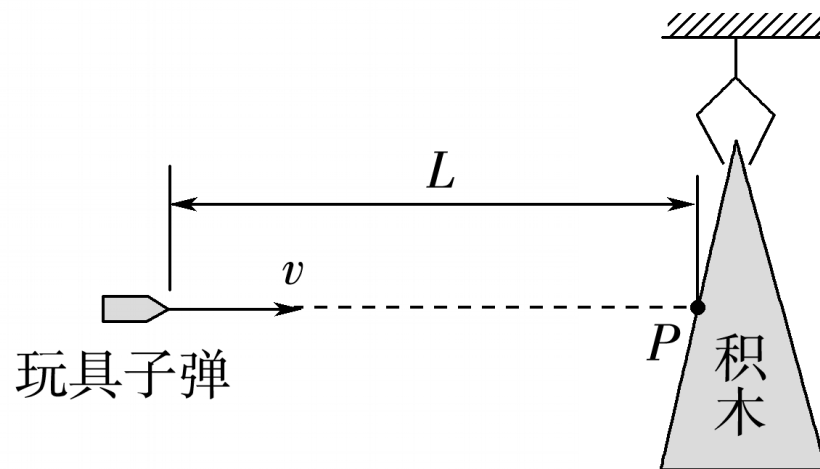
$$\left. \begin{aligned} \tan \theta &= \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0} \\ \tan \alpha &= \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0} \end{aligned} \right\} \rightarrow \tan \theta = 2 \tan \alpha$$

考点 1 : 平抛运动基本规律的应用



例 1 (2022·广东卷 T6) 如图所示，在竖直平面内，截面为三角形的小积木悬挂在离地足够高处，一玩具枪的枪口与小积木上 P 点等高且相距为 L 。当玩具子弹以水平速度 v 从枪口向 P 点射出时，小积木恰好由静止释放，子弹从射出至击中积木所用时间为 t 。不计空气阻力。下列关于子弹的说法正确的是 ()

- A . 将击中 P 点， t 大于 $\frac{L}{v}$
- B . 将击中 P 点， t 等于 $\frac{L}{v}$
- C . 将击中 P 点上方， t 大于 $\frac{L}{v}$
- D . 将击中 P 点下方， t 等于 $\frac{L}{v}$



考点 1 : 平抛运动基本规律的应用



例 2 (2026 年广东卷 T5) 如图是月球上一圆柱形阴影坑竖直截面图。假定某飞行器在月面上空 $H = 1.28\text{km}$ 向坑中心方向以速度 v_0 匀速水平飞行。在距坑边 $l = 1.2\text{km}$ 的 P 点正上方关闭动力，此后只受月球重力，直至抵达着陆线。已知坑直径 $d = 3\text{km}$ ，月面至着陆线深度 $h = 1.6\text{km}$ ，月面重力加速度取 $g_{\text{月}} = 1.6\text{m/s}^2$ ，飞行器可视为质点。飞行器安全到达着陆线，则 v_0 的大小可能是 (B)

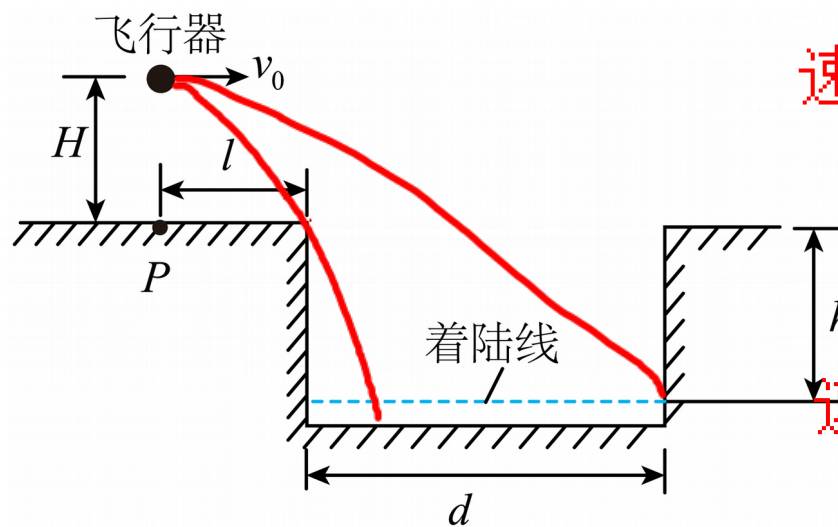
A . 20m/s

B . 50m/s

C . 110m/s

D . 120m/s

$$30\text{m/s} \leq v_0 \leq 70\text{m/s}$$

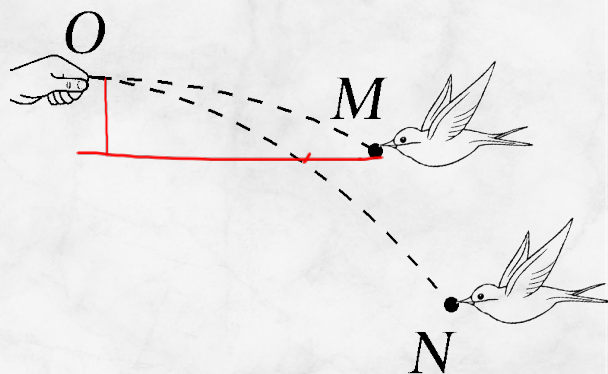


速度最小时 $\begin{cases} H = \frac{1}{2} g_{\text{月}} t_1^2 \\ l = v_0 t_1 \end{cases}$
 $v_0 = 30\text{m/s}$

速度最大时 $\begin{cases} H + h = \frac{1}{2} g_{\text{月}} t_2^2 \\ l + d = v_0 t_2 \end{cases}$
 $v_0 = 70\text{m/s}$

练习：如图所示，某同学将两颗鸟食从 O 点水平抛出，两只小鸟分别在空中的 M 点和 N 点同时接到鸟食。鸟食的运动视为平抛运动，两运动轨迹在同一竖直平面内，则 ()

- A. 两颗鸟食同时抛出
- B. 在 N 点接到的鸟食后抛出
- C. 两颗鸟食平抛的初速度相同
- D. 在 M 点接到的鸟食平抛的初速度较大



鸟食做平抛运动	竖直方向	$h = \frac{1}{2}gt^2$	$h_N > h_M$	$t_N > t_M$	同时接到鸟食	在 N 点接到的鸟食先抛出，A、B 错误；
	水平方向	$x = v_0 t$	在同一高度时	$x_{OM'} > x_{ON'}$	$v_{MO} > v_{NO}$	C 错误，D 正确。

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11



考点 2 : 斜抛运动

1. 定义 : 将物体以初速度 v_0 斜向上方 或斜向下方抛出 , 物体只在 重力 作用下的运动。
2. 性质 : 斜抛运动是加速度为 g 的 匀变速 运动 , 运动轨迹是 抛物线
3. 研究方法 : 运动的合成与分解
 - (1) 水平方向 : 匀速 直线运动 ;
 - (2) 竖直方向 : 匀变速 直线运动。

4. 基本规律

以斜抛运动的抛出点为坐标原点 O ，水平向右为 x 轴的正方向，竖直向上为 y 轴的正方向，建立如图所示的平面直角坐标系 xOy 。

(1) 初速度可以分解为 $v_{0x} = v_0 \cos \theta$, $v_{0y} = v_0 \sin \theta$

在水平方向，物体的位移和速度分别为

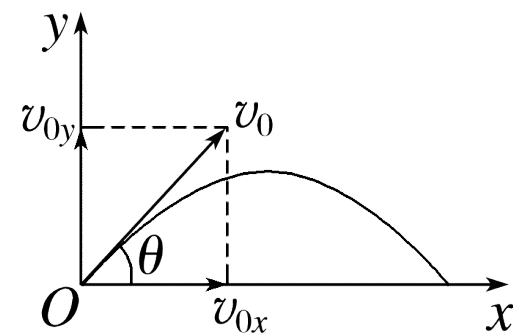
$$x = v_{0x} t = (v_0 \cos \theta) t$$

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta$$

在竖直方向，物体的位移和速度分别为

$$y = v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 = (v_0 \sin \theta) t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_y = v_{0y} - g t = v_0 \sin \theta - g t$$



(2) 当斜抛物体落点位置与抛出点等高时

① 射高： $h = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$ 。

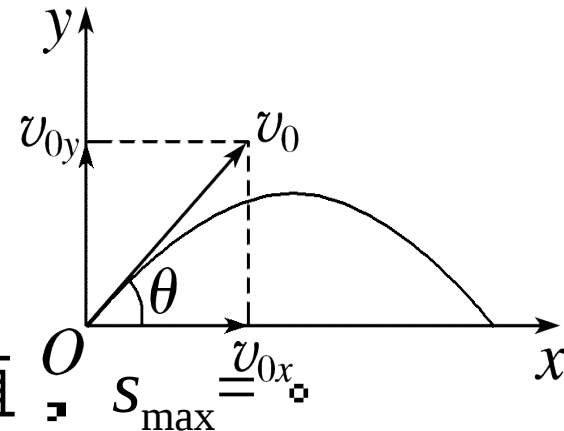
② 斜抛运动的飞行时间： $t = \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2v_0 \sin \theta}{g}$ 。

③ 射程： $s = v_0 \cos \theta \cdot t = \frac{2v_0 \cos \theta \sin \theta \cdot v_0 \sin \theta}{g} = \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ 。

对于给定的 v_0 ，当 $\theta = 45^\circ$ 时，射程达到最大值， $s_{\max} = \frac{v_0^2}{g}$ 。

③ 射程： $s = v_0 \cos \theta \cdot t = \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ ，

对于给定的 v_0 ，当 $\theta = 45^\circ$ 时，射程达到最大值， $s_{\max} = \frac{v_0^2}{g}$ 。





例 3 (广州一模 T9 多选) 某同学练习投篮, 篮球脱手时速度方向与水平方向夹角为 45° , 篮球到达最高点后下落穿过篮筐中心时速度方向与水平方向的夹角为 37° ($\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$), 空气阻力可忽略。篮球从脱手到入筐 ()

A . 上升过程的时间大于下降过程的时间

B . 上升过程的水平位移等于下降过程的水平位移

C . 上升过程的初速度与下降过程的末速度大小之比为 4:5

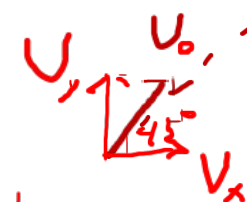
D . 上升过程的竖直位移与下降过程的竖直位移大小之比为 16:9

AD

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$h_1 > h_2, L > L_1$$

$$x = v_x t, x > x_1$$



C选项: $V_0 = \frac{V_x}{\cos 45^\circ}$, $V_1 = \frac{V_x}{\cos 37^\circ}$

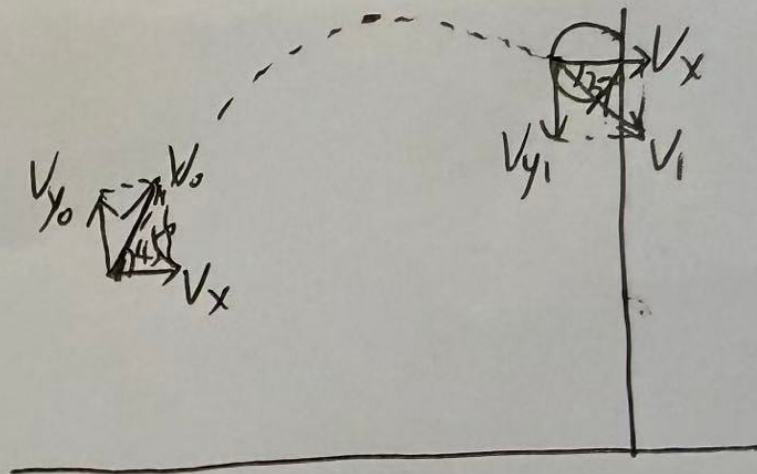
$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{\cos 37^\circ}{\cos 45^\circ} = \frac{4}{5} \times \frac{2}{\sqrt{2}} = \frac{4\sqrt{2}}{5} \neq \frac{4}{5}$$

D选项: $V_{y0}^2 = 2gh_{\text{上}}$, $V_{y1}^2 = 2gh_{\text{下}}$

$$h_{\text{上}} = \frac{V_{y0}^2}{2g} = \frac{V_x^2}{2g}$$

$$h_{\text{下}} = \frac{V_{y1}^2}{2g} = \frac{(V_x \cdot \tan 37^\circ)^2}{2g}$$

$$\frac{h_{\text{上}}}{h_{\text{下}}} = \frac{16}{9}$$

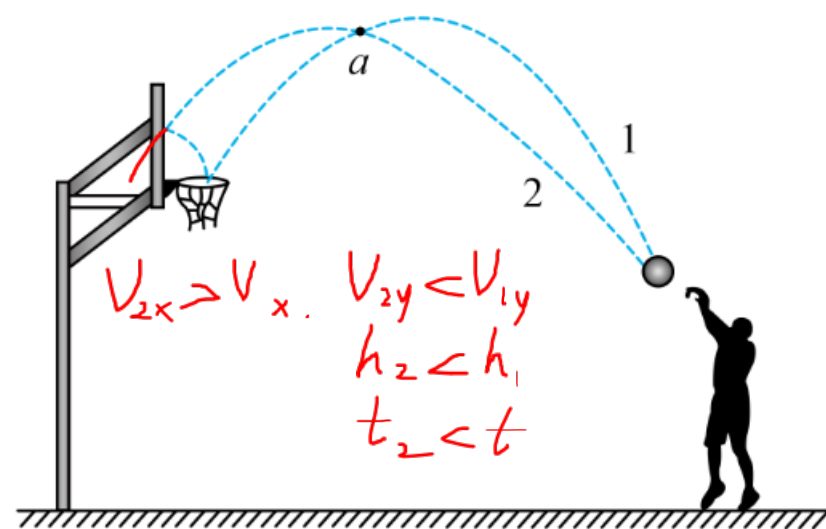


$$V_{y0} = V_x, \quad V_{y1} = V_x \cdot \tan 37^\circ$$

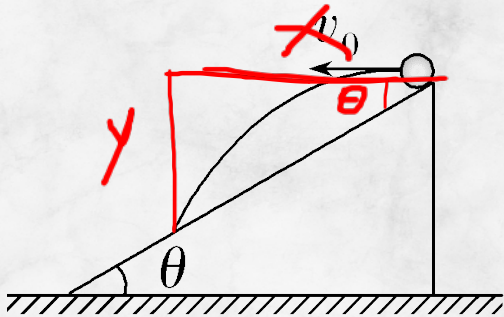
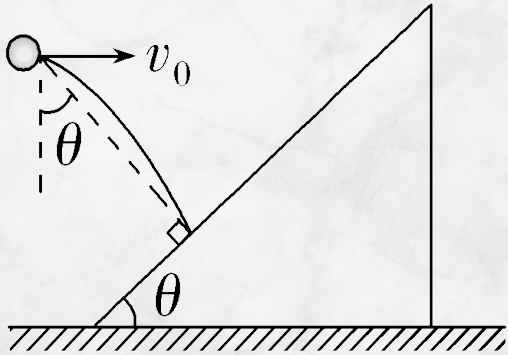
例 4 (2024 年深圳一模 T5) 篮球运动员做定点投篮训练，篮球从同一位置投出，且初速度大小相等，第 1 次投篮篮球直接进篮筐，第 2 次篮球在篮板上反弹后进筐，篮球反弹前后垂直篮板方向分速度等大反向，平行于篮板方向分速度不变，轨迹如图所示，忽略空气阻力和篮球撞击篮板的时间，关于两次投篮说法正确的是 (

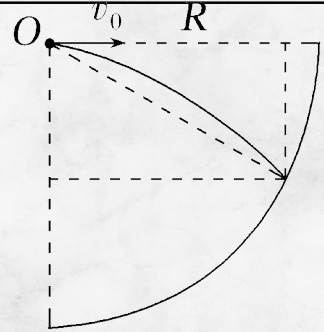
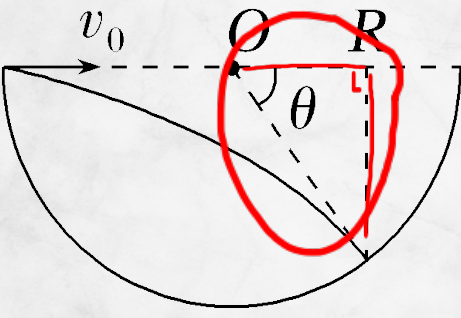
B

- A . 两次投篮，篮球从离手到进筐的时间相同
- B . 篮球第 1 次上升的最大高度比第 2 次的大
- C . 篮球经过 a 点时，第 1 次的动能比第 2 次
- D . 篮球两次进筐时，在竖直方向分速度相同



目录

已知条件	情景示例	解题策略
已知位移方向	从斜面上平抛又<u>落到斜面上</u>，如图所示。 已知位移的方向沿斜面向下 	分解位移 $\tan \theta = \frac{y}{x}$
	在斜面外平抛，落在斜面上位移最小，如图所示。 已知位移方向垂直斜面 	分解位移 $\tan \theta = \frac{y}{x}$

已知条件	情景示例	解题策略
利用位移关系	从圆心处水平抛出，落到半径为 R 的圆弧上，如图所示。 已知位移大小等于半径 R 	
	从与圆心等高的圆弧上水平抛出，落到半径为 R 的圆弧上，如图所示。 已知水平位移 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 	

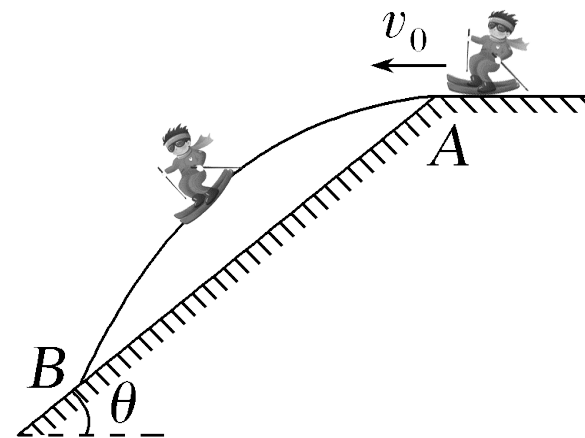
考点 3 : 与斜面或圆弧面有关的抛体运动

例 5 跳台滑雪是一项勇敢者的滑雪运动，运动员在滑雪道上获得一定速度后从跳台飞出，在空中飞一段距离后落地。如图所示，运动员从跳台 A 处沿水平方向以大小为 20 m/s 的速度飞出，落在斜坡上的 B 处，斜坡与水平方向的夹角 θ 为 37° ，不计空气阻力 ($\sin 37^\circ=0.6, \cos 37^\circ=0.8, g$ 取 10 m/s^2)。求

(1) 运动员在空中飞行的时间；

(2) 运动员落在 B 处时的速度大小；

(3) 运动员在空中离坡面的最大距离。



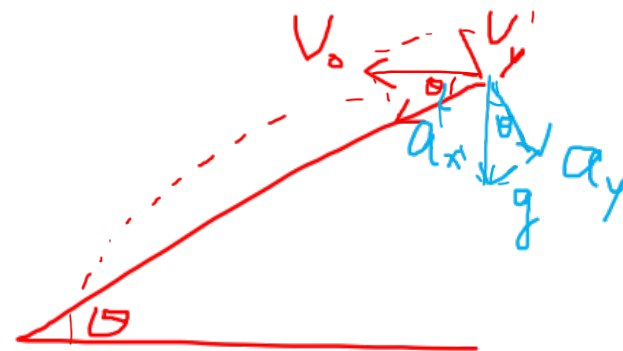
解析 (1) 运动员做平抛运动, 设在空中飞行的时间为 t , 则有

$x = v_0 t, y = \frac{1}{2} g t^2, \tan \theta = \frac{y}{x}$ 联立解得 $\tan \theta = \frac{g t}{v_0} \Rightarrow \tan \theta = 3 \Rightarrow t = 3 \text{ s}$ 。

(2) 运动员落在 B 处时有 $v_x = v_0, v_y = g t$

所以 $v_B = 10 \text{ m/s}$ 。

所以 $v_B = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 10\sqrt{13} \text{ m/s}$ 。



(3) 取沿斜坡向下方向 (x 方向) 与垂直于斜坡向上方向 (y 方向) 分析运动员的运动, 则在垂直于斜坡方向上, 有 $v_y' = v_0 \sin \theta = 12 \text{ m/s}$

$a_y = -g \cos \theta = -8 \text{ m/s}^2$

当 $v_y' = 0$ 时, 运动员在空中离坡面的距离最大, 则有 $d = \frac{v_y'^2}{2a_y} = 9 \text{ m}$ 。

当 $v_y' = 0$ 时, 运动员在空中离坡面的距离最大, 则有 $d = \frac{v_y'^2}{2a_y} = 9 \text{ m}$ 。

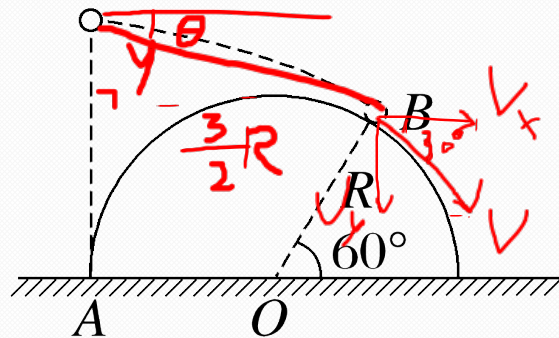
例6. 如图所示，一小球从一半圆轨道左端A点正上方某处开始做平抛运动（小球可视为质点），飞行过程中恰好与半圆轨道相切于B点，O为半圆轨道圆心，半圆轨道半径为R，OB与水平方向的夹角为 60° ，重力加速度为g，不计空气阻力，则小球抛出时的初速度为

A. $\sqrt{\frac{3\sqrt{3}gR}{2}}$

B. $\sqrt{\frac{3gR}{2}}$

C. $\sqrt{\frac{\sqrt{3}gR}{2}}$

D. $\sqrt{\frac{\sqrt{3}gR}{3}}$



解析

小球飞行过程中恰好与半圆轨道相切于B点，可知小球运动到B点时速度方向与水平方向的夹角为 30° ，设位移方向与水平方向的夹角为 θ ，则
 $\tan \theta = \frac{y}{x}$ ，由 $\tan \theta = \frac{y}{x}$ ，可得竖直方向的位移 $y = R$ ，而 $y = \frac{1}{2}gt^2$ ， $\tan 30^\circ = \frac{v_y}{v_0}$ ，联立解得 $v_0 = \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{2gR}$ ，选项A正确，B、C、D错误。

$\tan 30^\circ = \frac{v_y}{v_0}$ ，联立解得 $v_0 = \sqrt{\frac{3\sqrt{3}gR}{2}}$ ，选项A正确，B、C、D错误。



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

谢谢

