

# 第四章 曲线运动



## 第2讲 抛体运动

**知识点21 平抛运动的基本规律**

**知识点22 有关斜面、竖直面、圆弧面的平抛运动**

**知识点23 类平抛运动与斜抛运动**



# 知识点21 平抛运动的基本规律



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

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

3. **研究方法**：运动的合成与分解

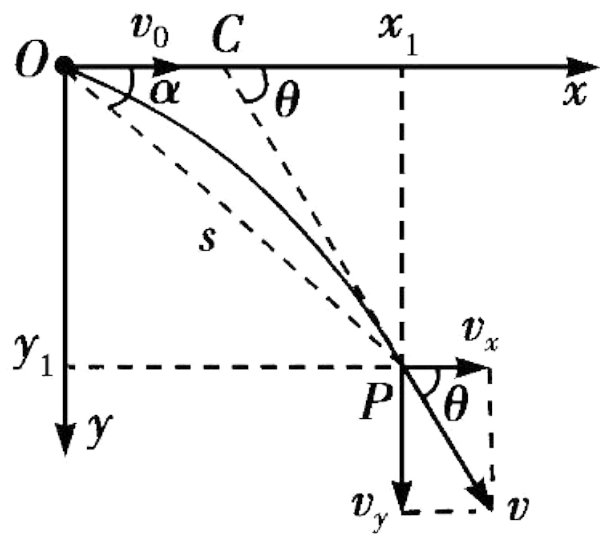
(1) 水平方向： [3] 匀速 直线运动.

(2) 竖直方向： [4] 自由落体 运动.



## 4.基本规律

运动图示



$v_0$ :初速度

$v_x$ :水平速度

$x_1$ :水平位移

$v_y$ :竖直速度

$y_1$ :竖直位移

$s$ :合位移

$\theta$ :速度偏转角

$\alpha$ :位移偏转角



# 基础双练

续表

水平方向		水平方向 竖直方向		$v_x = [5] \quad \dots \quad x = [6]$ $v_y = [7] \quad \dots \quad y = [8]$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = [9]$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = [10]$ $x = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\alpha = \frac{y_1}{x_1} = [11]$
		轨迹方程		$y = [12]$
竖直方向		水平方向 竖直方向		$v_x = [5] \quad \dots \quad x = [6]$ $v_y = [7] \quad \dots \quad y = [8]$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = [9]$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = [10]$ $x = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\alpha = \frac{y_1}{x_1} = [11]$
		轨迹方程		$y = [12]$
合速度	大小	水平方向 竖直方向		$v_x = [5] \quad \dots \quad x = [6]$ $v_y = [7] \quad \dots \quad y = [8]$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = [9]$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = [10]$ $x = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\alpha = \frac{y_1}{x_1} = [11]$
		轨迹方程		$y = [12]$
	方向	水平方向 竖直方向		$v_x = [5] \quad \dots \quad x = [6]$ $v_y = [7] \quad \dots \quad y = [8]$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = [9]$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = [10]$ $x = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\alpha = \frac{y_1}{x_1} = [11]$
		轨迹方程		$y = [12]$
合位移	大小	水平方向 竖直方向		$v_x = [5] \quad \dots \quad x = [6]$ $v_y = [7] \quad \dots \quad y = [8]$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = [9]$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = [10]$ $x = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\alpha = \frac{y_1}{x_1} = [11]$
		轨迹方程		$y = [12]$
	方向	水平方向 竖直方向		$v_x = [5] \quad \dots \quad x = [6]$ $v_y = [7] \quad \dots \quad y = [8]$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = [9]$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = [10]$ $x = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\alpha = \frac{y_1}{x_1} = [11]$
		轨迹方程		$y = [12]$
轨迹方程		水平方向 竖直方向		$v_x = [5] \quad \dots \quad x = [6]$ $v_y = [7] \quad \dots \quad y = [8]$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = [9]$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = [10]$ $x = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$ 与水平方向夹角的正切值 $\tan\alpha = \frac{y_1}{x_1} = [11]$
		轨迹方程		$y = [12]$

$v_0$

$v_0 t$

$gt$

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

$\sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$

$\frac{gt}{v_0}$

$\frac{gt}{2v_0}$

$\frac{g}{2v_0^2}x^2$



## 5. 两条有用的推论

图示		推论			证明		
图示		图示	推论	证明	图示	推论	证明
			<p>(1) 做平抛运动的物体在时间 <math>t</math> 内的速度偏转角为 <math>\theta</math>，位移偏转角为 <math>\alpha</math>，则</p> <p><math>\tan\theta = [13] \underline{\hspace{2cm}}</math></p>	$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$ $\tan\alpha = \frac{y_1}{x_1} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$ <p>故 <math>\tan\theta = [14] \underline{\hspace{2cm}}</math></p>		<p>(1) 做平抛运动的物体在时间 <math>t</math> 内的速度偏转角为 <math>\theta</math>，位移偏转角为 <math>\alpha</math>，则</p> <p><math>\tan\theta = [13] \underline{\hspace{2cm}}</math></p>	$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$ $\tan\alpha = \frac{y_1}{x_1} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$ <p>故 <math>\tan\theta = [14] \underline{\hspace{2cm}}</math></p>



续表

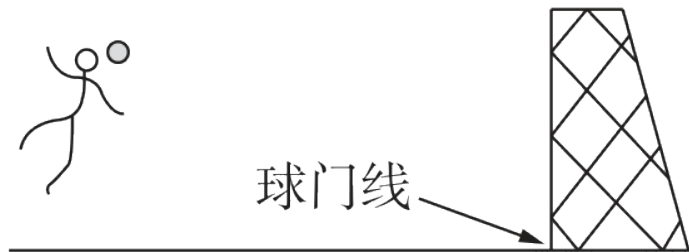
图示	推论			证明		
图示	推论	证明	图示	推论	证明	
	<p>(2) <math>OC = [15] \frac{x_1}{2}</math>, 即 (平抛运动一段时间内) 末速度的反向延长线与这段时间内水平位移的中点相交</p>	$\tan\theta = \frac{y_1}{x_1 - OC},$ $\tan\alpha = \frac{y_1}{x_1},$ <p>又 <math>\tan\theta = 2\tan\alpha</math>, 联立得</p> $OC = [16] \frac{x_1}{2}$		<p>(2) <math>OC = [15] \frac{x_1}{2}</math>, 即 (平抛运动一段时间内) 末速度的反向延长线与这段时间内水平位移的中点相交</p>	$\tan\theta = \frac{y_1}{x_1 - OC},$ $\tan\alpha = \frac{y_1}{x_1},$ <p>又 <math>\tan\theta = 2\tan\alpha</math>, 联立得</p> $OC = [16] \frac{x_1}{2}$	





## 教材素材变式

1. [多选] [鲁科版必修二P48第4题情境变式] 如图所示, 足球运动员在离球门正前方水平距离6 m处头球攻门, 足球在1.8 m高处被水平顶出, 并恰好落在球门线上。足球视为质点, 不计空气阻力,  $g$ 取 $10 \text{ m/s}^2$ , 则此过程中( **BC** )



A. 球的运动时间为1 s

B. 球的水平初速度大小为10 m/s

C. 球落地前瞬间竖直方向的分速度大小为6 m/s

D. 球落地瞬间速度方向与水平地面间的夹角为 $45^\circ$

**【解析】** 竖直方向上有 $h = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.6 \text{ s}$ , A错误



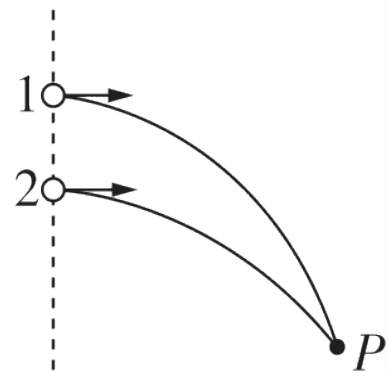
落地瞬间竖直分速度  $v_y = gt = 6 \text{ m/s}$ , C 正确

{ 水平方向上有  $x = v_0t \Rightarrow v_0 = \frac{x}{t} = 10 \text{ m/s}$ , B 正确

落地瞬间速度与水平地面间夹角 $\theta$  满足 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{3}{5}$ , 则 $\theta \neq 45^\circ$ , D错误。



2. [多选] [鲁科版必修二P54第4题条件变式] 如图所示, 从足够高的1、2两点水平抛出两个小球, 之后两球在空中的 $P$ 点相碰, 测得从1、2两点抛出的小球在 $P$ 点时速度方向与水平方向的夹角分别为 $53^\circ$ 、 $45^\circ$ 。已知1、2两点在同一竖直线上,  $P$ 点到1、2两点的水平距离为 $d$ ,  $\cos 53^\circ = 0.6$ , 重力加速度为 $g$ , 不计空气阻力。下列说法正确的是( **CD** )



- A. 从1、2两点抛出的小球在空中运动的时间相等
- C. 从1、2两点抛出的小球初速度大小之比为 $\frac{\sqrt{3}}{2}$

- B. 从1、2两点抛出的小球经过 $P$ 点时的速度大小相等
- D. 1、2两点的竖直高度差为 $\frac{d}{6}$

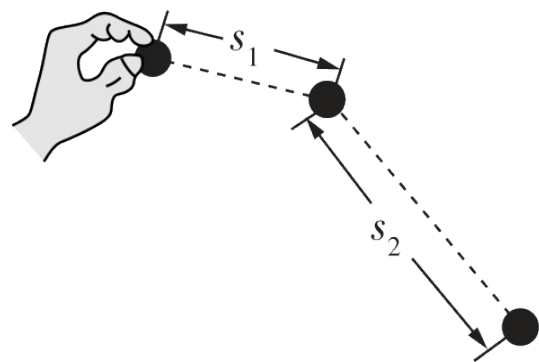


**【解析】**平抛运动在竖直方向上有 $h = \frac{1}{2}gt^2$ , 可得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ , 因为 $h_1 > h_2$ , 可知 $t_1 > t_2$ , A项错误; 设从1、2两点抛出的球的初速度大小分别为 $v_{x1}$ 、 $v_{x2}$ , 球经过P点时的速度大小分别为 $v_1$ 、 $v_2$ , 根据小球在水平方向做匀速直线运动有 $t_1 = \frac{d}{v_{x1}}$ ,  $t_2 = \frac{d}{v_{x2}}$ , 由题意可知 $\tan 53^\circ = \frac{gt_1}{v_{x1}} = \frac{gd}{v_{x1}^2}$ ,  $\tan 45^\circ = \frac{gt_2}{v_{x2}} = \frac{gd}{v_{x2}^2}$ , 则 $\frac{v_{x1}}{v_{x2}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ , 又因为 $v_1 = \frac{v_{x1}}{\cos 53^\circ} = \frac{5}{3}v_{x1}$ ,  $v_2 = \frac{v_{x2}}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2}v_{x2}$ , 则 $v_1 \neq v_2$ , B项错误, C项正确; 由平抛运动的推论, 速度的反向延长线交于水平位移的中点, 有 $\tan 53^\circ = \frac{h_1}{\frac{d}{2}}$ ,  $\tan 45^\circ = \frac{h_2}{\frac{d}{2}}$ , 解得 $h_1 = \frac{2d}{3}$ ,  $h_2 = \frac{d}{2}$ , 则1、2两点的竖直高度差 $\Delta h = h_1 - h_2 = \frac{d}{6}$ , D项正确。



## 基础双练

3.[粤教版必修二P15第2题设问变式, 2022全国甲卷]将一小球水平抛出,使用频闪仪和照相机对运动的小球进行拍摄,频闪仪每隔0.05 s发出一次闪光。某次拍摄时,小球在抛出瞬间频闪仪恰好闪光,拍摄的照片编辑后如图所示。图中的第一个小球为抛出瞬间的影像,每相邻两个球之间被删去了3个影像,所标出的两个线段的长度 $s_1$ 和 $s_2$ 之比为3:7。重力加速度大小取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,忽略空气阻力。求在抛出瞬间小球速度的大小。



**【答案】**  $\frac{2\sqrt{5}}{5} \text{ m/s}$

**【解析】** 设 $s_1$ 对应的水平位移为 $x$ , 对应的竖直位移为 $y$ , 则根据平抛运动的特点可知,  $s_2$ 对应的水平位移也为 $x$ , 对应的竖直位移为 $3y$

$$\text{有 } y = \frac{1}{2}g(4T)^2 = 0.2 \text{ m}, s_1 = \sqrt{x^2 + y^2}, s_2 = \sqrt{x^2 + (3y)^2}$$

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{3}{7}$$

$$\text{解得 } x = \sqrt{0.032} \text{ m}$$

$$\text{抛出瞬间小球的速度大小为 } v_0 = \frac{x}{4T}$$

$$\text{解得 } v_0 = \frac{2\sqrt{5}}{5} \text{ m/s}$$



## 知识点22 有关斜面、竖直面、圆弧面的平抛运动

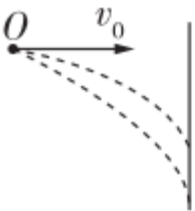
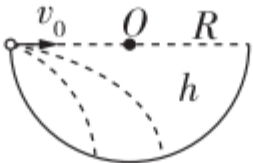
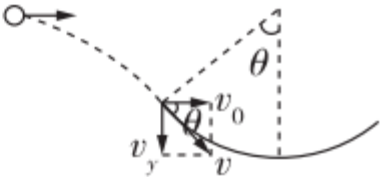


## ①有关斜面的平抛运动

方法	运动情境	定量关系	总结
分解 速度		$v_x = v_0, v_y = gt$ $\tan \theta = \frac{v_x}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$	速度方向与 $\theta$ 有关, 分解速度, 建构平行四边形.
		$v_x = v_0, v_y = gt$ $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$	
分解 位移		$x = v_0 t, y = \frac{1}{2} g t^2$ $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$	位移方向与 $\theta$ 有关, 建构平行四边形.
		$x = v_0 t, y = \frac{1}{2} g t^2$ $\tan \theta = \frac{H-y}{x}$	



## ②有关竖直面、圆弧面的平抛运动

对着竖直墙壁平抛	落到圆弧内	切入圆弧形凹槽
		
<p><math>v_0</math>不同的小球水平位移相同, <math>x = v_0 t</math>, <math>y = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{g x^2}{2 v_0^2}</math></p>	$h = \frac{1}{2} g t^2,$ $R \pm \sqrt{R^2 - h^2} = v_0 t$	$\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{g t}{v_0}$





## 教材素材变式

### 变式1 与斜面有关的平抛运动

1. **[多选]** **[人教版必修二P21第3题设问变式]** 如图所示, 将一个小球从A点以速度 $v_1$ 水平抛出, 小球垂直落在倾角为 $\theta$  的斜面上的P点。若将小球从图中的B点以速度 $v_2$ 水平抛出, 小球垂直落在斜面上的Q点 (图中未标出), 下列说法正确的是( **AD** )

A. Q点在P点上方

B. Q点可能与P点重合

C. Q点在P点下方

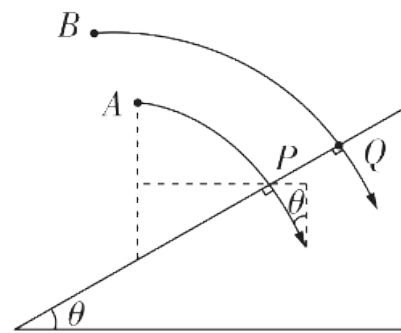
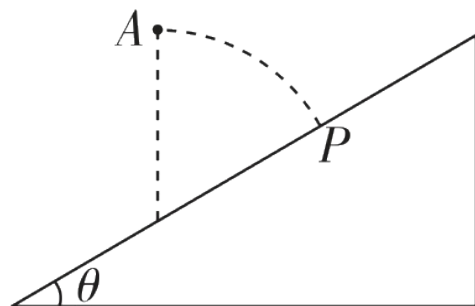
D. 水平初速度 $v_2$ 一定大于 $v_1$

**【解析】** 小球两次都垂直打在斜面上, 则小球末速度方向与初速度方向之间夹角不变, 根据平抛运动的推论可知, 第一次平抛运动位移 $x_{AP}$ 平行于第二次平抛运动位移 $x_{BQ}$ , 如图所示, Q点在P点上方, A正确, BC错误; 小球两次都垂直打在斜面上, 则

$$\frac{v_0}{v_y} = \tan \theta, \quad v_y = \sqrt{2gh}, \quad \text{联立可得 } v_0 = \sqrt{2gh \tan \theta}, \quad \text{因 } h_B > h_A, \quad \text{则 } v_2 > v_1, \quad \text{D正}$$

确。

B.



第1题图



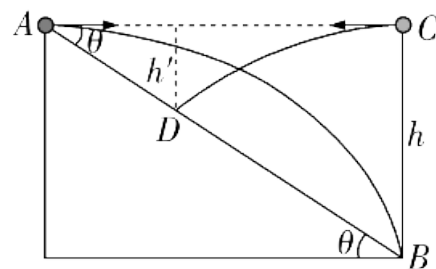
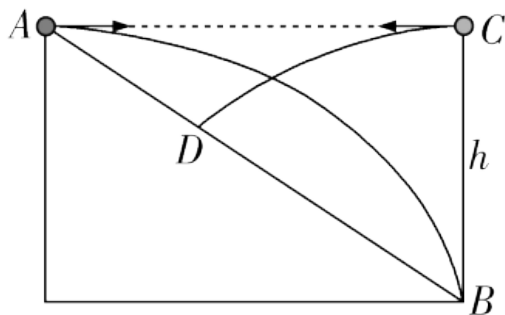


# 基础双练

2. [人教版必修二P21第3题模型变式] 如图所示, 将一小球从A点以某一初速度水平抛出, 小球恰好落到斜面底端B点, 若在B点正上方与A等高的C点将小球以相同大小的初速度水平抛出, 小球落在斜面上的D点, A、B、C、D在同一竖直面上。则 $\frac{AD}{AB}$ 等于( **B** )

- A.  $\frac{1}{2}$                       B.  $\frac{3-\sqrt{5}}{2}$                       C.  $\frac{\sqrt{2}-1}{2}$                       D.  $\frac{\sqrt{5}-\sqrt{3}}{2}$

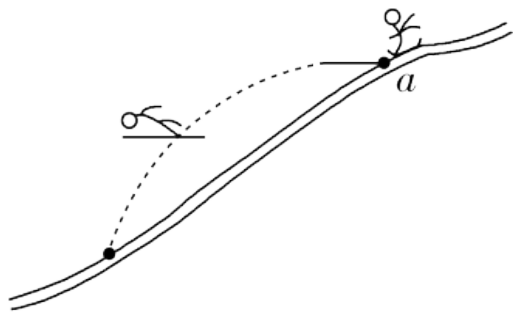
**【解析】** 如图所示, 设AB之间高度差为 $h$ , CD之间高度差为 $h'$ , 则 $h = \frac{1}{2}gt_1^2$ ,  $h' = \frac{1}{2}gt_2^2$ , 解得 $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ,  $t_2 = \sqrt{\frac{2h'}{g}}$ , 斜面倾角的正切值 $\tan \theta = \frac{h}{v_0 t_1} = \frac{h'}{v_0 t_1 - v_0 t_2}$ , 解得 $h' = \frac{3-\sqrt{5}}{2}h$ , 所以 $\frac{AD}{AB} = \frac{h'}{h} = \frac{3-\sqrt{5}}{2}$ 。故选B。



第2题图



3. [人教版必修二P20第7题拓展变式] 近年来, 国家大力开展冰雪运动进校园活动, 目前已有多所冰雪特色学校, 蹬冰踏雪深受学生喜爱。如图所示, 两名滑雪运动员(均视为质点) 从跳台 $a$ 处先后沿水平方向向左飞出, 其速度大小之比为 $v_1:v_2 = 2:1$ , 不计空气阻力, 则两名运动员从飞出至落到斜坡(可视为斜面) 上的过程中, 下列说法正确的是( **C** )



A. 他们飞行时间之比为 $t_1:t_2 = 1:2$

B. 他们飞行的水平位移之比为 $x_1:x_2 = 2:1$

C. 他们速度变化之比为 $\Delta v_1:\Delta v_2 = 2:1$

D. 他们在空中离坡面的最大距离之比为 $s_1:s_2 = 2:1$



**【解析】** 运动员从跳台 $a$ 处水平飞出, 设初速度为 $v_0$ , 飞行时间为 $t$ , 斜坡的倾角为 $\theta$ , 运动员在空中做平抛运动,

落到斜坡上时有 $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t}$ , 解得 $t = \frac{2v_0 \tan \theta}{g}$ , 可得他们飞行时间之比为 $t_1:t_2 = v_1:v_2 = 2:1$ , A错误; 运动

员飞行的水平位移为 $x = v_0 t = \frac{2v_0^2 \tan \theta}{g}$ , 他们飞行的水平位移之比为 $x_1:x_2 = v_1^2:v_2^2 = 4:1$ , B错误; 两运动员在水

平方向的速度不变, 在竖直方向的速度变化为 $\Delta v_y = gt$ , 因为他们飞行时间之比为 $t_1:t_2 = 2:1$ , 则有他们速度变

化之比为 $\Delta v_1:\Delta v_2 = gt_1:gt_2 = 2:1$ , C正确; 运动员在空中离坡面的最大距离为 $s = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g \cos \theta}$  (【点拨】该时刻竖

直分速度与水平分速度的比值等于斜面倾角的正切值。), 他们在空中离坡面的最大距离之比为 $s_1:s_2 = v_1^2:$

$v_2^2 = 4:1$ , D错误。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：  
<https://d.book118.com/506135110113010213>