全品

教辅图书 功能学具 学生之家

基础教育行业专研品牌

30+年创始人专注教育行业

攻略手册

GONGLUESHOUCE

主　编　肖德好

高中物理

必修第二册　RJ

CONTENTS 目录

攻略手册

第五章　抛体运动

要点攻略 1　曲线运动的特征

通关攻略

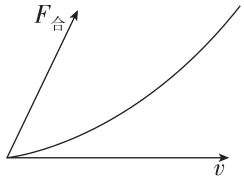
要点1　**物体做曲线运动的条件**

(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.

要点2　**曲线运动的轨迹与速度、合力的关系**

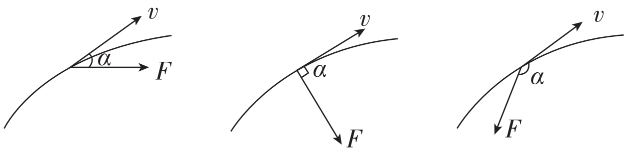
做曲线运动的物体,其轨迹与速度方向相切,并向合力方向弯曲,夹在速度方向与合力方向之间(如图所示).



要点3　**合力与速率变化的关系**

若合力方向与速度方向的夹角为 α,则:

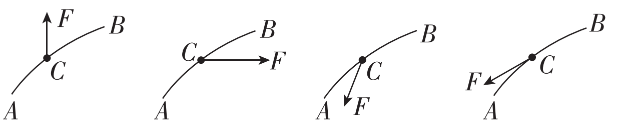
合力与速率变化的关系
- ① α为锐角时,速率增大,如图甲
- ② α为直角时,速率不变,如图乙
- ③ α为钝角时,速率减小,如图丙



甲　　　乙　　　丙

典型示例

示例　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　　　(　　)



A　　　B　　　C　　　D

[解析] 曲线运动中合力 F 应指向轨迹的“凹侧”,故 A、D 错误;F 的方向与 v 的方向成锐角时,质点从 A 到 B 做加速运动,故 B 错误;F 的方向与 v 的方向成钝角时,质点从 A 到 B 做减速运动,故 C 正确.

[答案] C

备考攻略

攻略 1　与运动轨迹相切的方向为速度方向,不是力的方向.

攻略 2　看物体运动轨迹的弯曲情况,物体所受合力的方向指向轨迹凹的一侧.

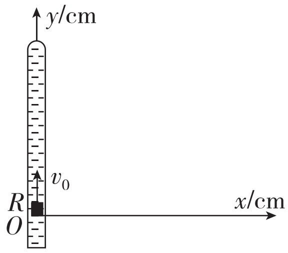
攻略 3　轨迹曲线夹在合力与轨迹切线(即速度方向)之间.

模型攻略 2　运动的合成与分解的理解——蜡块运动模型

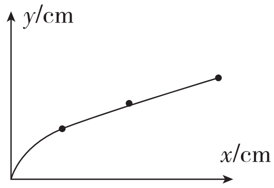
通关攻略

1. 模型建构

在观察蜡块运动的实验中，如果让玻璃管不动，将红蜡块释放后，我们会发现红蜡块匀速上浮，在玻璃管内每 1 s 上升的距离都是 8 cm，如果红蜡块固定在底端，拿着玻璃管向右做初速度为零的匀加速运动，玻璃管每 1 s 内的位移依次是 4 cm、12 cm、20 cm、28 cm，现拿着玻璃管匀加速向右运动的同时，将红蜡块释放，我们以出发点为坐标原点，建如图甲所示坐标系，1 s 末、2 s 末、3 s 末、4 s 末红蜡块的位置坐标应分别是(4 cm，8 cm)、(16 cm，16 cm)、(36 cm，24 cm)、(64 cm，32 cm)，在坐标系中描点，然后将这几个点用平滑的曲线连起来，曲线就表示红蜡块的运动轨迹(如图乙所示)．



甲



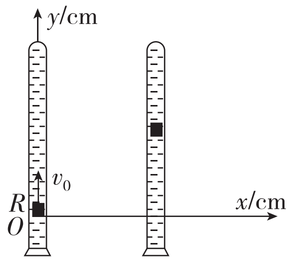
乙

2. 模型分析

我们后边在分析曲线运动时，比如某时刻的位置坐标，我们只要知道水平方向红蜡块跟玻璃管一起做匀加速运动的位移和竖直方向自己匀速上浮的位移就可以了，这实际上就是我们处理复杂曲线运动的方法——运动的合成与分解．我们会发现两个分运动的位移和合位移的关系满足平行四边形定则，同理两个分运动的速度与合速度的关系也满足平行四边形定则，两个分加速度与合加速度的关系也满足平行四边形定则，并且合运动和分运动具有等时性．

典型示例

示例　(多选)如图所示，在一端封闭的光滑细玻璃管中注满清水，水中放一红蜡块 R(R 可视为质点)．将玻璃管的开口端用橡胶塞塞紧后竖直倒置且与 y 轴重合，在 R 从坐标原点以大小为 $v_0=3$ cm/s 的速度匀速上浮的同时，玻璃管沿 x 轴正方向做初速度为零的匀加速直线运动，R 的合速度的方向与 y 轴正方向的夹角为 α．则　　(　　)



A．红蜡块 R 的分位移 y 的平方与 x 成正比

B．红蜡块 R 的分位移 y 的平方与 x 成反比

C．$\tan\alpha$ 与时间 t 成正比

D．红蜡块 R 的合速度 v 的大小与时间 t 成正比

[解析] 红蜡块 R 在竖直方向做匀速运动，则 $y=v_0t$，在水平方向有 $x=\frac{1}{2}at^2$，解得 $x=\frac{a}{2v_0^2}y^2$，故 A 正确，B 错误；R 的合速度的方向与 y 轴正方向的夹角 α 满足 $\tan\alpha=\frac{v_x}{v_y}=\frac{at}{v_0}$，即 $\tan\alpha$ 与时间 t 成正比，故 C 正确；红蜡块的合速度的大小为 $v=\sqrt{v_0^2+(at)^2}$，故 D 错误．

[答案] AC

备考攻略

攻略 1　合运动一定是物体的实际运动，在进行运动的合成与分解时所作的平行四边形中合运动是平行四边形的对角线．

攻略 2　运动的合成与分解与力的合成与分解方法完全相同，之前所学的力的合成与分解的规律及方法可以直接应用到运动的合成与分解上．

方法攻略 3　合运动性质的判断方法

通关攻略

1. 方法解读

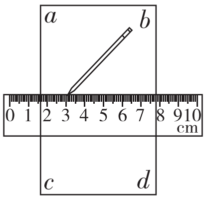
两个互成角度的直线运动的合运动的曲直由加速度方向与初速度方向的关系决定：当加速度方向与初速度方向共线时，合运动是直线运动；当加速度方向与初速度方向不共线时，合运动是曲线运动.

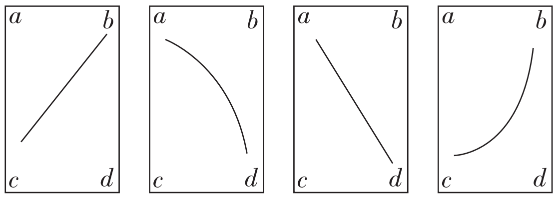
2. 方法应用

两个互成角度的分运动	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 $v_{0合}$ 与 $a_{合}$ 共线，则合运动为匀变速直线运动
	若 $v_{0合}$ 与 $a_{合}$ 不共线，则合运动为匀变速曲线运动

典型示例

示例　某同学回到家跟自己的妹妹玩游戏，让自己的妹妹找来一张白纸、一支铅笔、一把直尺，他跟妹妹说“你用铅笔沿直尺（直尺平行于 ab）向右匀速运动，而我会将白纸沿 ca 方向向上做匀加速运动”，则该同学的妹妹在白纸上留下的痕迹是　　（　）





A　　　B　　　C　　　D

[解析] 由题意可知，笔尖在水平方向向右匀速运动，在竖直方向相对纸向下做匀加速运动，加速度向下，痕迹弯向加速度一侧，故选 B.

[答案] B

备考攻略

攻略 1　判断合运动性质的物理分析法：找出合初速度方向与合加速度方向，共线为直线运动，不共线为曲线运动；合加速度恒定为匀变速运动，不恒定为非匀变速运动.

攻略 2　判断合运动性质的数学分析法：根据分运动的位移公式，消去时间，可求出轨迹方程，根据轨迹方程判断运动性质.

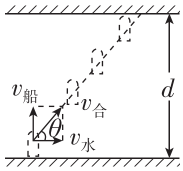
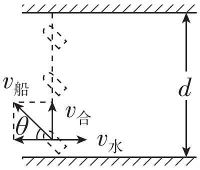
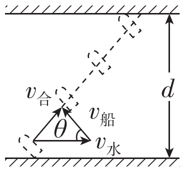
模型攻略 4　小船渡河模型

通关攻略

1. 模型建构

小船在有一定流速的水中渡河时，实际上参与了两个方向的分运动，即随水流的运动（速度大小为水冲船的运动速度 $v_{水}$）和船相对水的运动（速度大小为船在静水中的速度 $v_{船}$），船的实际运动是合运动（速度大小为 $v_{合}$）.

2. 模型分析

情况	图示	说明
渡河时间最短		当船头方向垂直于河岸时，小船渡河时间最短，最短时间为 $t_{\min}=\dfrac{d}{v_{船}}$，船渡河的位移为 $x=\dfrac{d}{\sin\theta}$，位移方向与河岸之间的夹角 θ 满足 $\tan\theta=\dfrac{v_{船}}{v_{水}}$
渡河位移最短		当 $v_{水}<v_{船}$ 时，如果满足 $v_{水}-v_{船}\cos\theta=0$，合速度垂直于河岸，小船渡河位移最短(等于河宽 d)．此时渡河所用时间为 $t=\dfrac{d}{v_{合}}=\dfrac{d}{v_{船}\sin\theta}$
		当 $v_{水}\geqslant v_{船}$ 时，如果船头方向与合速度方向垂直，小船渡河位移最短，最短渡河位移为 $x_{\min}=\dfrac{dv_{水}}{v_{船}}$，此时渡河所用时间为 $t=\dfrac{d}{v_{船}\sin\theta}$

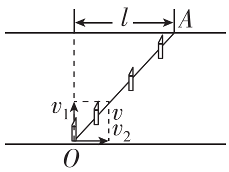
典型示例

示例 如图所示，小船在静水中的速度大小为 $v_1=4$ 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，方向与河岸平行．

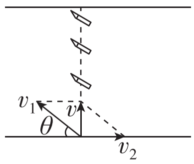
(1)欲使船以最短时间渡河，航向怎样？最短时间是多少？船发生的位移有多大？

(2)欲使船以最小位移渡河，航向又怎样？渡河所用时间是多少？

[解析] (1)由题意知，当船在垂直于河岸方向上的分速度最大时，渡河所用的时间最短．河水流速平行于河岸，不影响渡河时间，所以当船头垂直于河岸渡河时，所用时间最短，则最短时间为 $t=\dfrac{d}{v_1}=\dfrac{100}{4}$ s$=25$ s．如图所示，当船到达对岸时，船沿河岸方向也发生了位移，由几何关系可得，船的位移为 $x=\sqrt{d^2+l^2}$，由题意可得 $l=v_2t=3\times25$ m$=75$ m，代入解得 $x=125$ m．



(2)分析可知，当船的实际速度方向垂直于河岸时，船的位移最小，因船在静水中的速度为 $v_1=4$ m/s，大于水流速度 $v_2=3$ m/s，故可以使船的实际速度方向垂直于河岸．如图所示，设船头斜指向上游河对岸，且与河岸所成夹角为 θ，则有 $v_1\cos\theta=v_2$，$\cos\theta=\dfrac{v_2}{v_1}=\dfrac{3}{4}$，故船头斜指向上游河对岸，且与河岸所成的夹角 θ 满足 $\cos\theta=\dfrac{3}{4}$，所用的时间为 $t=\dfrac{d}{v_1\sin\theta}=\dfrac{100}{4\times\dfrac{\sqrt{7}}{4}}$ s$=\dfrac{100\sqrt{7}}{7}$ s．



[答案] (1)垂直河岸　25 s　125 m

(2)指向上游河对岸，且与河岸所成的夹角 θ 满足 $\cos\theta=\dfrac{3}{4}$　$\dfrac{100\sqrt{7}}{7}$ s

备考攻略

攻略 1　研究小船渡河时间时：应用 $v_{船}$ 垂直于河岸的分速度求解，与 $v_{水}$ 的大小无关．

攻略 2　分析小船速度时：画出小船的速度分解图进行分析．

攻略 3　研究小船渡河位移时：对小船的合运动进行分析，必要时画出位移合成图．

模型攻略 5　关联速度模型

通关攻略

1. 模型建构

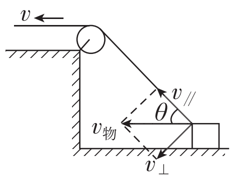
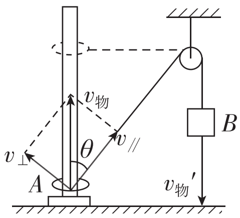
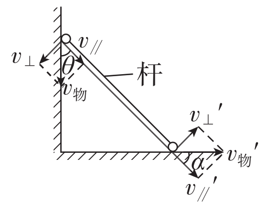
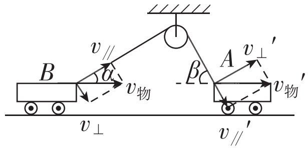
两个物体通过绳或杆连在一起，两个物体运动的速度大小具有一定的关系：沿着绳或杆方向的分速度大小相等.

2. 模型分析

(1)分析绳(杆)关联速度问题时，需要注意：应该分解物体的实际运动速度，即合速度.

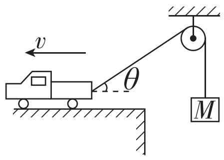
分解方法：将物体的实际速度分解为垂直于绳(杆)和沿绳(杆)的两个分量.

(2)常见的关联速度模型

情景图示				
定量结论	$v=v_{/\!/}=v_{物}\cos\theta$	$v_{物}'=v_{/\!/}=v_{物}\cos\theta$	$v_{/\!/}=v_{/\!/}'$ 即 $v_{物}\cos\theta=v_{物}'\cos\alpha$	$v_{/\!/}=v_{/\!/}'$ 即 $v_{物}\cos\alpha=v_{物}'\cos\beta$

典型示例

示例 1　如图所示，汽车通过绳子绕过定滑轮连接重物 M 一起运动，不计滑轮摩擦和绳子的质量，已知汽车以速度 v 匀速向左运动，绳子与水平方向夹角为 θ，重物 M 的速度用 v_M 表示. 则　(　　)



A. 重物做匀速运动

B. 重物做匀变速运动

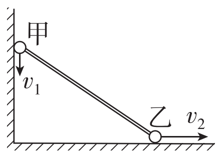
C. $v_M=v\cos\theta$

D. $v=v_M\cos\theta$

[解析] 将汽车的速度分解为沿绳子方向的分速度和垂直于绳子方向的分速度，则有 $v_M=v\cos\theta$，由于运动过程中 θ 减小，$\cos\theta$ 增大，则重物 M 的速度 v_M 增大，重物 M 做加速运动，C 正确，A、D 错误. 假设绳子足够长，经过足够长的时间，θ 趋近于 $0°$，$\cos\theta$ 趋近于 1，v_M 趋近于 v，可知重物并不是做匀加速运动，B 错误.

[答案] C

示例 2　(多选)甲、乙两光滑小球(均可视为质点)用轻直杆连接，乙球处于粗糙水平地面上，甲球紧靠在粗糙的竖直墙壁上，初始时轻杆竖直，杆长为 4 m. 施加微小的扰动使得乙球沿水平地面向右滑动，当乙球距离起点 3 m 时，在如图位置，下列说法正确的是　(　　)



A. 甲、乙两球的速度大小之比为 $\sqrt{7}:3$

B. 甲、乙两球的速度大小之比为 $3\sqrt{7}:7$

C. 甲球即将落地时，乙球的速度与甲球的速度大小相等

D. 甲球即将落地时，乙球的速度为零

[解析] 设此时轻杆与竖直方向的夹角为 θ，则 v_1 在沿杆方向的分量为 $v_{1/\!/}=v_1\cos\theta$，v_2 在沿杆方向的分量为 $v_{2/\!/}=v_2\sin\theta$，而 $v_{1/\!/}=v_{2/\!/}$，在题图所示位置时，有 $\cos\theta=\frac{\sqrt{7}}{4}$，$\sin\theta=\frac{3}{4}$，解得此时甲、乙两球的速度大小之比为 $\frac{v_1}{v_2}=\frac{3\sqrt{7}}{7}$，故 A 错误，B 正确；当甲球即将落地时，$\theta=90°$，此时甲球的速度达到最大，而乙球的速度为零，故 C 错误，D 正确.

[答案] BD

备考攻略

攻略 1 “四步”巧解关联速度问题:(1)确定合运动,物体的实际运动就是合运动;(2)确定合运动的两个实际作用效果,一是使绳或杆伸缩的效果,二是使绳或杆转动的效果;(3)按平行四边形定则进行分解,作出运动矢量图;(4)根据沿绳(或杆)牵引方向的速度相等列方程.

攻略 2 关联速度问题中关键要抓住沿着绳或杆方向的分速度相等这个核心因素.

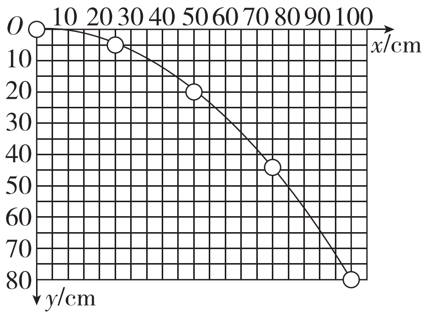
攻略 3 关联速度问题中要清楚速度的分解要点,将物体的速度沿着绳或杆的方向正交分解,如果物体由两根绳或杆连接,则应分别将物体的实际速度沿每一根绳或杆进行正交分解.

实验攻略 6 频闪照相探究平抛运动

通关攻略

1. 实验解读

用频闪照相法探究平抛运动的特点



用频闪照相法可记录平抛运动的轨迹.如图所示,由于相邻两帧照片间的时间间隔相等,只要分别测出相邻两帧照片间小钢球运动的水平距离及竖直距离,就很容易判断平抛运动在水平方向和竖直方向上的运动特点.

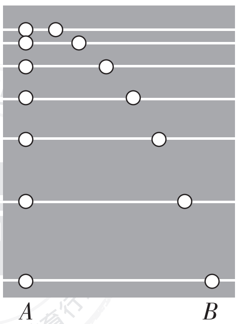
2. 实验方法

(1)在起抛点以球心为坐标原点,建立坐标系来研究小球的水平位移和竖直位移.

(2)根据小球第一个 T 时间内、第二个 T 时间内、…做平抛运动的水平位移和竖直位移特点判断出小球水平方向做匀速运动,竖直方向做自由落体运动.

典型示例

示例 (1)如图甲所示是用频闪照相法研究平抛运动的特点时拍下的 A、B 两小球同时开始运动的照片.A 无初速度释放,B 水平抛出.通过观察发现,尽管两个小球在水平方向上的运动不同,但是它们在竖直方向上总是处在同一高度.该实验现象说明了 B 球开始运动后,在________.



甲

A. 水平方向的分运动是匀速直线运动

B. 水平方向的分运动是匀加速直线运动

C. 竖直方向的分运动是匀速直线运动

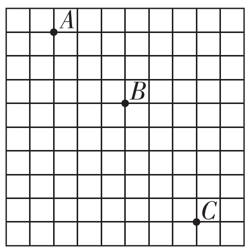
D. 竖直方向的分运动是自由落体运动

(2)如图乙所示为一小球做平抛运动的闪光照相照片的一部分,图中背景方格的边长均为 5 cm.如果重力加速度 g 取 10 m/s^2,那么:

①闪光频率是________ Hz;

②小球运动中水平分速度的大小是________ m/s;

③到达 B 处时小球的速度的大小是________ m/s.



乙

[解析] (1)尽管两个小球在水平方向上的运动不同，但是它们在竖直方向上总是处在同一高度，该实验现象不能说明 B 球在水平方向的运动情况，但是说明了竖直方向两球运动情况完全相同，即 B 球开始运动后，在竖直方向的分运动是自由落体运动，故选 D.

(2)①②③根据 $\Delta y=gT^2$ 得 $T=\sqrt{\frac{\Delta y}{g}}=\sqrt{\frac{2L}{g}}=\sqrt{\frac{0.10}{10}}\ \text{s}=0.1\ \text{s}$，$f=\frac{1}{T}=10\ \text{Hz}$，平抛运动的初速度为 $v_0=\frac{3L}{T}=\frac{3\times0.05}{0.1}\ \text{m/s}=1.5\ \text{m/s}$，小球在 B 点时竖直方向上的分速度等于 AC 段竖直方向上的平均速度，则 $v_{By}=\frac{y_{AC}}{2T}=\frac{8L}{2T}=\frac{8\times0.05}{0.2}\ \text{m/s}=2\ \text{m/s}$，到达 B 处时速度的大小是 $v_B=\sqrt{{v_0}^2+{v_{By}}^2}=\sqrt{1.5^2+2^2}\ \text{m/s}=2.5\ \text{m/s}$.

[答案] (1)D (2)①10 ②1.5 ③2.5

备考攻略

攻略 1 探究平抛运动实验得到的频闪照片上时间间隔是不变的，因此处理数据时一般在竖直方向上由 $\Delta x=aT^2$ 求出频闪的时间，再在水平方向由 $x=v_0T$ 求初速度.

攻略 2 利用频闪照相法在探究平抛运动的特点时，一定要注意第一张频闪照片中小球所处的位置一般不是小球做平抛运动的抛出点，因此在分析数据时，不能直接用小球在竖直方向上做自由落体运动的规律求时间.

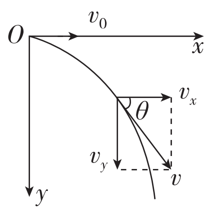
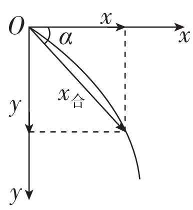
模型攻略 7 平抛运动模型

通关攻略

1. 模型建构

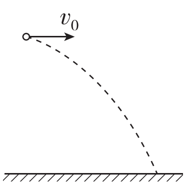
以一定的速度将物体水平抛出，物体只受重力的作用，这时的运动叫作平抛运动. 实际物体水平抛出后如果受到的空气阻力远小于重力，也可以近似看成平抛运动.

2. 模型分析

	速度	位移
水平分运动	水平速度 $v_x=v_0$	水平位移 $x=v_0t$
竖直分运动	竖直速度 $v_y=gt$	竖直位移 $y=\frac{1}{2}gt^2$
合运动	大小：$v=\sqrt{{v_0}^2+(gt)^2}$ 方向：与水平方向夹角为 θ，$\tan\theta=\frac{v_y}{v_x}=\frac{gt}{v_0}$	大小：$x_{合}=\sqrt{x^2+y^2}$ 方向：与水平方向夹角为 α，$\tan\alpha=\frac{y}{x}=\frac{gt}{2v_0}$
图示		

典型示例

示例 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

[解析] 由题意得小球抛出时离地面的高度为 $h=\frac{1}{2}gt^2=5\ \text{m}$，A 正确；小球从抛出点到落地点的水平位移大小为 $x=v_0t=5\ \text{m}$，B 错误；小球落地时的速度大小为 $v=\sqrt{v_0^{\,2}+(gt)^2}=5\sqrt{5}\ \text{m/s}$，C 错误；设小球落地时的速度方向与水平地面的夹角为 θ，则 $\tan\theta=\frac{gt}{v_0}=2\neq\frac{\sqrt{3}}{3}=\tan 30°$，故 θ 不等于 $30°$，D 错误.

[答案] A

备考攻略

攻略 1 平抛运动中相关量大小的决定因素

运动时间 t → 由 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$ 知，t 仅由 h 决定

↓

水平位移 x → 由 $x=v_0t=v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$ 知，x 由 v_0 和 h 共同决定

↓

落地速度 v → 由 $v=\sqrt{v_0^{\,2}+v_y^{\,2}}=\sqrt{v_0^{\,2}+2gh}$ 知，v 由 v_0 和 h 共同决定

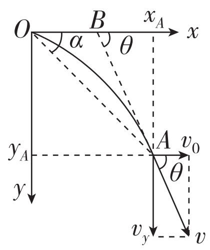
攻略 2 平抛运动的一般解题思路：(1)看运动时间或者下落高度是否给出，已知其中一个就能得到另一个；(2)看初速度或者水平位移是否给出，已知其中一个，结合运动时间就能得到另一个；(3)某时刻的合速度由竖直分速度和水平分速度决定，竖直分速度由运动时间得到，水平分速度就是平抛的初速度.

溯源攻略 8　平抛运动的两个推论

通关攻略

1. 推论内容

推论一：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水平位移的中点. 如图所示，即 $x_{OB}=\frac{1}{2}x_A$.



推论二：做平抛运动的物体在某时刻，设其速度与水平方向的夹角为 θ，位移与水平方向的夹角为 α，则 $\tan\theta=2\tan\alpha$.

2. 推导过程

推论一的推导：从速度的分解来看，速度偏向角的正切值为 $\tan\theta=\frac{v_y}{v_x}=\frac{gt}{v_0}$

将速度 v 反向延长，速度偏向角的正切值为 $\tan\theta=\frac{y_A}{x_A-x_{OB}}=\frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0t-x_{OB}}$

联立解得 $x_{OB}=\frac{1}{2}v_0t=\frac{1}{2}x_A$.

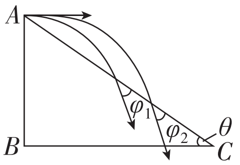
推论二的推导：速度偏向角的正切值为 $\tan\theta=\frac{gt}{v_0}$

位移偏向角的正切值为 $\tan\alpha=\frac{y_A}{x_A}=\frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0t}=\frac{gt}{2v_0}$

联立可得 $\tan\theta=2\tan\alpha$

典型示例

示例 1　如图所示，从倾角为 θ 且足够长的斜面的顶点 A，先后将同一小球以不同的初速度水平向右抛出，第一次初速度为 v_1，小球落到斜面上前一瞬间的速度方向与斜面的夹角为 φ_1，第二次初速度为 v_2，小球落在斜面上前一瞬间的速度方向与斜面的夹角为 φ_2，若 $v_2>v_1$，不计空气阻力，则 φ_1 和 φ_2 的大小关系是　　（　）



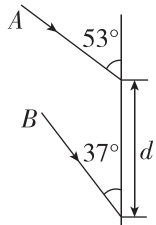
A. $\varphi_1>\varphi_2$　　　　B. $\varphi_1<\varphi_2$

C. $\varphi_1=\varphi_2$　　　　D. 无法确定

[解析] 在任一时刻或任一位置时，设其速度方向与水平方向的夹角为 α，位移方向与水平方向的夹角为 β，根据平抛运动的推论，可知 $\tan\alpha=2\tan\beta$，由上述关系式结合题图中的几何关系可得 $\tan(\varphi+\theta)=2\tan\theta$，此式表明小球落在斜面上前一瞬间的速度方向与斜面间的夹角 φ 仅与 θ 有关，而与初速度无关，因此 $\varphi_1=\varphi_2$，即以不同的初速度做平抛运动，落在斜面上各点前一瞬间，小球的速度方向是互相平行的. 故选 C.

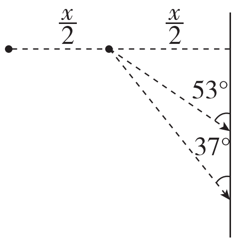
[答案] C

示例 2　在电视剧里，我们经常看到这样的画面：屋外刺客向屋里投来两支飞镖，落在墙上，如图所示. 现设飞镖是从同一位置做平抛运动射出来的，飞镖 A 与竖直墙壁成 53° 角，飞镖 B 与竖直墙壁成 37° 角，两落点相距为 d，那么刺客离墙壁的距离为 $(\sin 37°=0.6,\cos 37°=0.8)$　　（　）



A. $\dfrac{9}{7}d$　　B. $2d$　　C. $\dfrac{24}{7}d$　　D. $\dfrac{12}{7}d$

[解析] 把两飞镖落在墙上时的速度反向延长，交点为水平位移的中点，如图所示，设水平位移为 x，则有 $\dfrac{x}{2\tan 37°}-\dfrac{x}{2\tan 53°}=d$，解得 $x=\dfrac{24}{7}d$，故选 C.



[答案] C

备考攻略

攻略 1　在平抛运动与各种面结合的情境中，利用平抛运动的推论可以获得直观判断，使解题更快捷、更准确.

攻略 2　平抛运动的两个推论是同一个模型原理引出来的，只是一个从长度关系方面来描述，一个从角度关系方面来描述，在理解时可以互相印证.

模型攻略 9　斜上抛运动模型

通关攻略

1. 模型建构

以一定的初速度将物体斜向上抛出，物体只在重力的作用下运动. 实际物体抛出后如果受到的空气阻力远小于重力，也可以近似看成斜上抛运动.

2. 模型分析

(1)斜上抛运动的速度

水平速度：$v_x=v_{0x}=v_0\cos\theta$.

竖直速度：$v_y=v_{0y}-gt=v_0\sin\theta-gt$.

(3)斜上抛运动的位移

水平位移：$x=v_{0x}t=v_0t\cos\theta$.

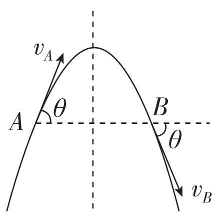
竖直位移：$y=v_0t\sin\theta-\dfrac{1}{2}gt^2$.

3. 模型特点

(1)速度对称：轨迹上关于过轨迹最高点的竖直线对称的两点速度大小相等，水平方向速度相同，竖直方向速度大小相等，方向相反. 如图所示.

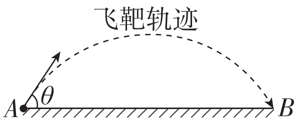
(2)时间对称：关于过轨迹最高点的竖直线对称的曲线上升时间等于下降时间，这是由竖直上抛运动的对称性决定的.

(3)轨迹对称：其运动轨迹关于过最高点的竖直线对称.



典型示例

示例 （多选）如图所示，射击训练场内，飞靶从水平地面 A 点以仰角 θ 斜向上飞出，落在相距 100 m 的 B 点，最高点距地面 20 m，忽略空气阻力，重力加速度 g 取 10 m/s^2，下列说法正确的是 （ ）



A. 飞靶从 A 到 B 的飞行时间为 2 s

B. 飞靶在最高点的速度大小为 25 m/s

C. 抬高仰角 θ，飞靶的飞行时间增大

D. 抬高仰角 θ，飞靶的飞行距离不断增大

[解析] 飞靶在竖直方向做竖直上抛运动，根据对称性可得飞靶从 A 到 B 的飞行时间为 $t_{AB}=2t_1=2\sqrt{\dfrac{2h}{g}}=4$ s，故 A 错误；飞靶在水平方向的速度为 $v_x=\dfrac{x}{t_{AB}}=25$ m/s，在最高点竖直方向速度为零，则飞靶在最高点的速度大小为 25 m/s，故 B 正确；根据运动的分解可得 $v_x=v\cos\theta$，$v_y=v\sin\theta$，飞靶飞行的时间为 $t=\dfrac{2v_y}{g}=\dfrac{2v\sin\theta}{g}$，可知抬高仰角 θ，飞靶的飞行时间增大，故 C 正确；飞行距离为 $x=v_xt=\dfrac{2v^2\sin\theta\cos\theta}{g}=\dfrac{v^2\sin 2\theta}{g}$，可知 $\theta=45°$时，飞行距离有最大值，即仰角 θ 增大，飞行距离并不是不断增大的，故 D 错误.

[答案] BC

备考攻略

攻略 1 一般抛体运动问题的处理方法和平抛运动的处理方法相同，都是将运动分解为两个方向上的简单的直线运动，分别为水平方向上的匀速直线运动和竖直方向上的匀变速直线运动.

攻略 2 研究斜上抛运动到最高点的过程，也可以通过逆向思维把斜抛运动转化成平抛运动进行研究，将研究初速度的大小和方向的问题转化成研究末速度的大小和方向的问题.

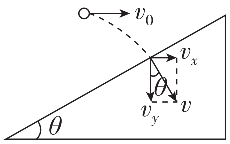
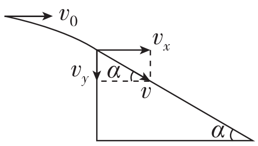
模型攻略 10 平抛运动与斜面结合问题

通关攻略

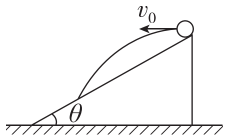
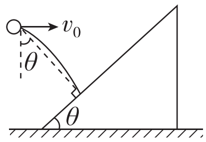
1. 模型建构

物体从斜面外做平抛运动落到斜面上，或者从斜面上平抛出后又落回斜面，这种平抛运动与斜面结合的问题具有特殊的几何关系.

2. 模型分析

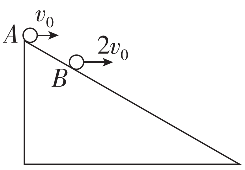
已知条件	情景示例	解题策略
已知速度方向	从斜面外水平抛出，垂直落在斜面上，如图所示，已知速度的方向垂直于斜面  	分解速度，构建速度三角形 $v_x=v_0$ $v_y=gt$ $\tan\theta=\dfrac{v_x}{v_y}=\dfrac{v_0}{gt}$
	从斜面外水平抛出，恰好无碰撞地进入斜面轨道，如图所示，已知在该点时速度沿斜面方向  	分解速度 $v_x=v_0$ $v_y=gt$ $\tan\alpha=\dfrac{v_y}{v_x}=\dfrac{gt}{v_0}$

（续表）

已知条件	情景示例	解题策略
已知位移方向	从斜面上水平抛出又落到斜面上，如图所示，已知位移的方向沿斜面向下 	分解位移，构建位移三角形 $x=v_0t$ $y=\frac{1}{2}gt^2$ $\tan\theta=\frac{y}{x}=\frac{gt}{2v_0}$
	在斜面外水平抛出，落在斜面上的位移最小，如图所示，已知位移方向垂直于斜面 	分解位移 $x=v_0t$ $y=\frac{1}{2}gt^2$ $\tan\theta=\frac{x}{y}=\frac{2v_0}{gt}$

典型示例

示例 1 （多选）如图所示，甲、乙两个小球同时从同一固定的足够长斜面上的 A、B 两点分别以速度 v_0、$2v_0$ 水平抛出，分别落在斜面的 C、D 两点（图中未画出），不计空气阻力．下列说法正确的是（　）



A. 甲、乙两球做平抛运动的时间之比为 1∶4

B. 甲、乙两球接触斜面前的瞬间，速度的方向相同

C. 甲、乙两球接触斜面前的瞬间，速度大小之比为 $1:\sqrt{2}$

D. A、C 两点间的距离与 B、D 两点间的距离之比为 1∶4

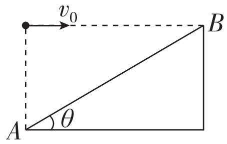
[解析] 设斜面倾角为 θ，根据两小球落在斜面上可知 $\tan\theta=\frac{y}{x}=\frac{\frac{1}{2}gt^2}{vt}=\frac{gt}{2v}$，则有 $t=\frac{2v\tan\theta}{g}$，故甲、乙两球做平抛运动的时间之比为 1∶2，A 错误；设两小球落在斜面上时速度与水平方向的夹角为 α，则有 $\tan\alpha=2\tan\theta$，所以甲、乙两球接触斜面前的瞬间，速度的方向相同，B 正确；末速度为 $v'=\sqrt{v^2+(gt)^2}=v\sqrt{1+4\tan^2\theta}$，故甲、乙两球接触斜面前的瞬间，速度大小之比为 1∶2，C 错误；小球做平抛运动的水平位移为 $x=vt=\frac{2v^2\tan\theta}{g}$，则甲、乙两球的水平位移之比为 1∶4，由几何关系可知 A、C 两点间的距离与 B、D 两点间的距离之比为 1∶4，D 正确．

[答案] BD

示例 2 如图所示，斜面倾角为 θ，位于斜面底端 A 点正上方的质量为 m 的小球以初速度 v_0 正对斜面顶点 B 水平抛出，重力加速度为 g，空气阻力不计．

(1) 若小球以最小位移到达斜面，求小球到达斜面经过的时间 t；

(2) 若小球垂直击中斜面，求小球到达斜面经过的时间 t'．



[解析] (1) 小球以最小位移到达斜面时位移与斜面垂直，位移与竖直方向的夹角为 θ，则 $\tan\theta=\frac{x}{y}=\frac{2v_0}{gt}$，解得 $t=\frac{2v_0}{g\tan\theta}$．

(2) 小球垂直击中斜面时，速度与竖直方向的夹角为 θ，则 $\tan\theta=\frac{v_0}{gt'}$，解得 $t'=\frac{v_0}{g\tan\theta}$．

[答案] (1) $\frac{2v_0}{g\tan\theta}$　(2) $\frac{v_0}{g\tan\theta}$

备考攻略

攻略 1 在解答平抛运动与斜面的结合问题时除要运用平抛运动的位移和速度规律，还要充分运用斜面倾角，找出位移或速度与斜面倾角的关系，从而使问题得到顺利解决．

攻略 2 对于平抛运动与斜面相结合的问题，可以使用平抛运动的两个推论进行快速解题．

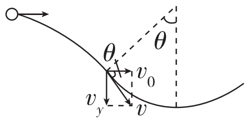
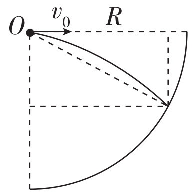
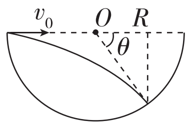
模型攻略 11　平抛运动与曲面结合问题

通关攻略

1. 模型建构

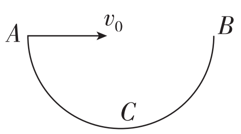
物体从圆弧面外做平抛运动落到圆弧面上，或者从圆弧面上平抛出后又落回圆弧面，这种平抛运动与圆弧面结合的问题具有特殊的几何关系.

2. 模型分析

	情景示例	解题策略
已知速度方向	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 	分解速度 $\tan\theta=\frac{v_y}{v_0}=\frac{gt}{v_0}$
利用位移关系	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 	$\begin{cases}x=v_0t\\y=\frac{1}{2}gt^2\\x^2+y^2=R^2\end{cases}$
利用位移关系	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 	$\begin{cases}x=R+R\cos\theta\\x=v_0t\\y=R\sin\theta=\frac{1}{2}gt^2\\(x-R)^2+y^2=R^2\end{cases}$

典型示例

示例 1　（多选）如图所示，AB 为半圆弧 ACB 的水平直径，C 为 ACB 弧的中点，$AB=1.5\ \text{m}$，从 A 点水平抛出一小球，小球下落 $0.3\ \text{s}$ 后落到半圆弧 ACB 上，不计空气阻力，g 取 $10\ \text{m/s}^2$，则小球抛出的初速度 v_0 可能为　　（　）



A. 0.5 m/s

B. 1.5 m/s

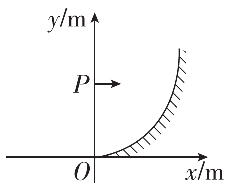
C. 3 m/s

D. 4.5 m/s

[解析] 由题可知，圆弧 ACB 的半径为 $R=0.75\ \text{m}$，竖直方向小球下落的高度为 $h=\frac{1}{2}gt^2=0.45\ \text{m}$，若小球落在 AC 圆弧上时，由几何关系得，水平位移为 $x=R-\sqrt{R^2-h^2}=0.15\ \text{m}$，则 $v_{01}=\frac{x}{t}=0.5\ \text{m/s}$；若小球落在 CB 圆弧上时，由几何关系得，水平位移为 $x'=R+\sqrt{R^2-h^2}=1.35\ \text{m}$，则 $v_{02}=\frac{x'}{t}=4.5\ \text{m/s}$. A、D 正确.

[答案] AD

示例 2　如图所示，在竖直平面内有一曲面，曲面方程为 $y=x^2(x\geqslant0)$，在 y 轴上有一点 P，坐标为 $(0, 6\ \text{m})$. 从 P 点将一小球水平抛出，初速度为 $1\ \text{m/s}$，则小球第一次打在曲面上的位置为（不计空气阻力，g 取 $10\ \text{m/s}^2$）　　（　）



A. (3 m,3 m)

B. (2 m,4 m)

C. (1 m,1 m)

D. (1 m,2 m)

[解析] 设小球经过时间 t 打在曲面上的点 $M(x, y)$，由平抛运动规律得 $x=v_0t$，$6-y=\frac{1}{2}gt^2$，又因为 $y=x^2$，解得 $x=1\ \text{m}$，$y=1\ \text{m}$，C 正确.

[答案] C

备考攻略

攻略 1 平抛运动与曲面结合问题是高中物理的一个重要考点，这类问题通常要将平抛运动的基本规律与几何图形中几何长度和几何角的关系结合起来进行求解.

攻略 2 在平抛运动与圆弧面结合问题中，圆弧面的圆心到圆弧面上各点的距离等于半径是隐藏的几何关系条件，在求解时务必注意这个条件的应用.

方法攻略 12 分析平抛运动临界问题的方法

通关攻略

1. 方法解读

分析平抛运动的临界问题要按照一定的步骤进行，这样可以避免走弯路.

2. 方法应用

平抛运动临界问题的分析方法：

(1)确定研究对象的运动性质；

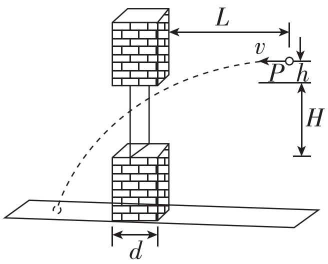
(2)根据题意确定临界状态；

(3)确定临界轨迹，画出轨迹示意图；

(4)应用平抛运动的规律，结合临界条件列方程求解.

典型示例

示例 如图所示，窗子上、下沿间的高度差为 $H=1.6\ \text{m}$，墙的厚度为 $d=0.4\ \text{m}$. 某人在到墙壁水平距离为 $L=1.4\ \text{m}$ 且距窗子上沿高度为 $h=0.2\ \text{m}$ 处的 P 点将可视为质点的小物体以速度 v 水平抛出，小物体直接穿过窗口并落在水平地面上，不计空气阻力，g 取 $10\ \text{m/s}^2$，则 v 的取值范围是 ( )



A. $v>2.3\ \text{m/s}$

B. $2.3\ \text{m/s}<v<7\ \text{m/s}$

C. $3\ \text{m/s}<v<7\ \text{m/s}$

D. $2.3\ \text{m/s}<v<3\ \text{m/s}$

[解析] 小物体做平抛运动，根据平抛运动规律可知，恰好擦着窗子上沿右侧穿过时初速度 v 最大，此时水平方向有 $L=v_{\max}t$，竖直方向有 $h=\frac{1}{2}gt^2$，联立解得 $v_{\max}=7\ \text{m/s}$；恰好擦着窗子下沿左侧穿过时初速度 v 最小，此时水平方向有 $L+d=v_{\min}t'$，竖直方向有 $H+h=\frac{1}{2}gt'^2$，解得 $v_{\min}=3\ \text{m/s}$. 所以 v 的取值范围是 $3\ \text{m/s}<v<7\ \text{m/s}$，故选 C.

[答案] C

备考攻略

攻略 1 分析平抛运动的临界问题的关键是确定临界状态，一般用极限法分析，即把平抛运动的初速度增大或减小，使临界状态呈现出来.

攻略 2 在分析临界问题中，要养成画示意图的习惯，利用示意图可以使抽象的物理情景变得直观，更可以使有些隐藏于问题深处的条件暴露出来.