

## 易错点 04 曲线运动

### 目 录

#### 01 易错陷阱 (3 大陷阱)

#### 02 举一反三

【易错点提醒一】不会分析小船渡河模型

【易错点提醒二】关联速度模型分解速度错误

【易错点提醒三】不会用运动的合成与分解求平抛运动问题

【易错点提醒四】盲目套用平抛运动的基本规律

【易错点提醒五】不会分析圆周运动向心力的来源

【易错点提醒六】竖直平面圆周运动混淆两种模型

#### 03 易错题通关



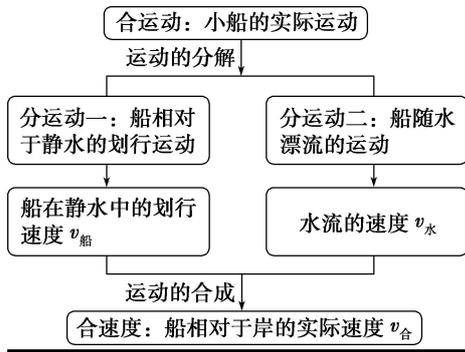
#### 易错点一：不会运用运动的合成与分解求解两种模型

1. 解决小船渡河问题掌握“三模型、两方案、两确定”

(1) 小船渡河三种模型

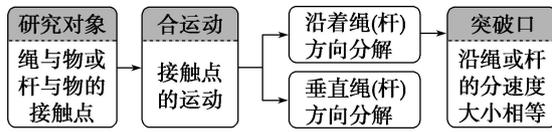
渡河时间最短		当船头方向垂直河岸时，渡河时间最短，最短时间 $t_{\min} = \frac{d}{v_{\text{船}}}$
渡河位移最短		如果 $v_{\text{船}} > v_{\text{水}}$ ，当船头方向与上游河岸夹角 $\theta$ 满足 $v_{\text{船}} \cos \theta = v_{\text{水}}$ 时，合速度垂直河岸，渡河位移最短，等于河宽 $d$
		如果 $v_{\text{船}} < v_{\text{水}}$ ，当船头方向(即 $v_{\text{船}}$ 方向)与合速度方向垂直时，渡河位移最短，等于 $\frac{d v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}$

(2) 小船渡河模型的分析思路



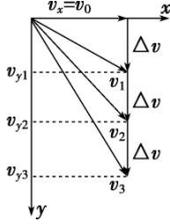
2. 关联速度模型

绳（杆）关联速度问题解题思路

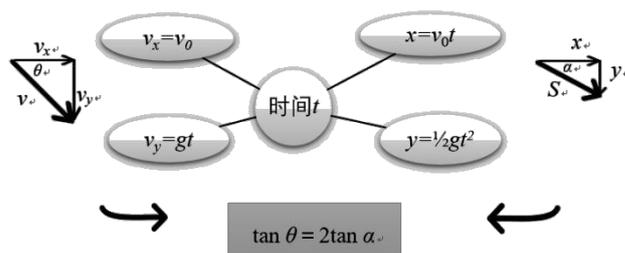


易错点二：对抛体运动理解有误

1. 平抛(或类平抛)运动所涉及物理量的特点

物理量	公式	决定因素
飞行时间	$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$	取决于下落高度 $h$ 和重力加速度 $g$ ，与初速度 $v_0$ 无关
水平射程	$x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$	由初速度 $v_0$ 、下落高度 $h$ 和重力加速度 $g$ 共同决定
落地速度	$v_t = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$	与初速度 $v_0$ 、下落高度 $h$ 和重力加速度 $g$ 有关
速度改变量	$\Delta v = g\Delta t$ ，方向恒为竖直向下 	由重力加速度 $g$ 和时间间隔 $\Delta t$ 共同决定

## 2. 平抛运动中物理量的关系图



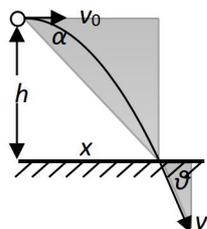
两个三角形，速度与位移；

九个物理量，知二能求一；

时间和角度，桥梁和纽带；

时间为明线，角度为暗线。

## 3. 平抛运动常用三种解法



①正交分解法：分解位移（位移三角形）：若已知  $h$ 、 $x$ ，可求出  $v_0 = x\sqrt{\frac{g}{2h}}$ ；

分解速度（速度三角形）：若已知  $v_0$ 、 $\theta$ ，可求出  $v = v_0/\cos\theta$ ；

②推论法：若已知  $h$ 、 $x$ ，可求出  $\tan\theta = 2\tan\alpha = 2h/x$ ；

③动能定理法：若已知  $h$ 、 $v_0$ ，动能定理： $mgh = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ，可求出  $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ 。

## 4. 平抛运动中的临界、极值问题

在平抛运动中，由于时间由高度决定，水平位移由高度和初速度决定，因而在越过障碍物时，有可能会恰好过去或恰好过不去的临界状态，还会出现运动位移的极值等情况。

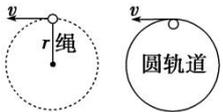
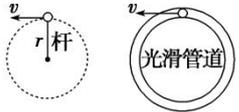
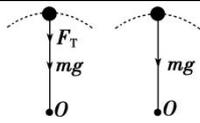
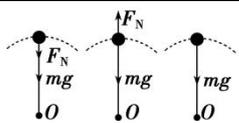
1. 若题目中有“刚好”“恰好”“正好”等字眼，明显表明题述的过程中存在着临界点。
2. 若题目中有“取值范围”“多长时间”“多大距离”等词语，表明题述的过程中存在着“起止点”，而这些“起止点”往往就是临界点。
3. 若题目中有“最大”“最小”“至多”“至少”等字眼，表明题述的过程中存在着极值点，这些极值点也往往是临界点。

### 易错点三：对圆周运动理解有误

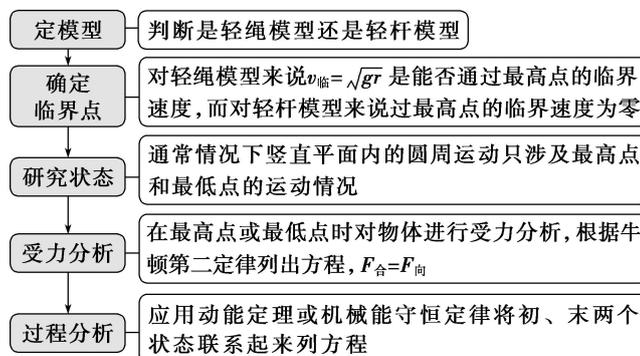
#### 易错题【02】圆周运动理解有误

##### 竖直面内的圆周运动

##### 1. 常见模型

	轻“绳”模型	轻“杆”模型
情景图示		
弹力特征	弹力可能向下，也可能等于零	弹力可能向下，可能向上，也可能等于零
受力示意图		
力学方程	$mg + F_T = m \frac{v^2}{r}$	$mg \pm F_N = m \frac{v^2}{r}$
临界特征	$F_T = 0$ ，即 $mg = m \frac{v^2}{r}$ ，得 $v = \sqrt{gr}$	$v = 0$ ，即 $F_{向} = 0$ ，此时 $F_N = mg$
$v = \sqrt{gr}$ 的意义	物体能否过最高点的临界点	$F_N$ 表现为拉力还是支持力的临界点

##### 2. 分析思路



#### 【易错点提醒一】不会分析小船渡河模型

【例 1】. (2023·海南·统考二模) 一小船在静水中的速度为 3m/s，它在一条河宽 150m，流速为 5m/s 的河流中渡河，则下列说法正确的是 ( )

A. 小船渡河时间不少于 60s

- B. 小船以最短时间渡河时，它沿水流方向的位移大小为 150m
- C. 小船以最短位移渡河时，位移大小为 250m
- D. 小船以最短位移渡河时，时间为 60s

**易错分析：**没有弄清哪是分速度，哪是合速度，也不会运用三角形或平行四边形

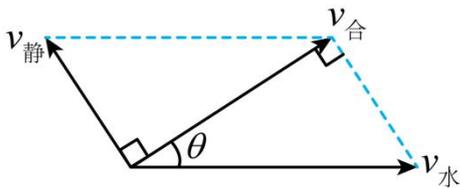
**定则**作出矢量图像求解。

**【答案】** C

**【详解】** A. 当船的静水中的速度垂直河岸时渡河时间最短  $t_{\min} = \frac{d}{v_{\text{船}}} = \frac{150}{3} \text{s} = 50 \text{s}$  故 A 错误；

B. 船以最短时间 50s 渡河时沿河岸的位移  $x = v_{\text{水}} t_{\min} = 5 \times 50 \text{m} = 250 \text{m}$  即它沿水流方向的位移大小为 250m，故 B 错误；

C. 因为水流速度大于船的静水速度，所以船不能垂直渡河，如图所示



当合速度与静水速度的方向垂直时，合速度与水流速度的夹角最大，渡河位移最小，则

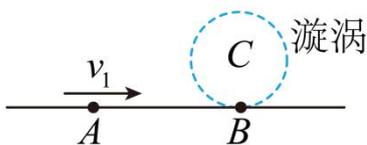
$$\sin \theta = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}} = \frac{3}{5}$$

则渡河的最小位移  $x = \frac{d}{\sin \theta} = \frac{150}{\frac{3}{5}} \text{m} = 250 \text{m}$  故 C 正确；

D. 若船以最短位移渡河时，时间为  $t = \frac{x}{v_{\text{合}}} = \frac{250}{\sqrt{5^2 - 3^2}} \text{s} = 62.5 \text{s}$  故 D 错误。故选 C。

### 变式练习

**【变式 1-1】** (2023·山东泰安·统考模拟预测) 如图，某河流中水流速度大小恒为  $v_1$ ，A 处的下游 C 处有个漩涡，漩涡与河岸相切于 B 点，漩涡的半径为  $r$ ， $AB = \frac{4}{3}r$ 。为使小船从 A 点出发以恒定的速度安全到达对岸，小船航行时在静水中速度的最小值为 ( )



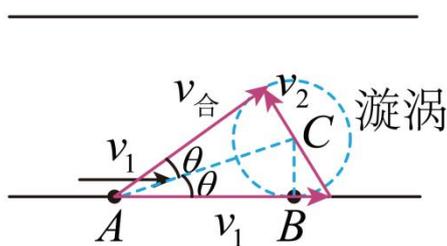
- A.  $\frac{3}{5}v_1$                       B.  $\frac{24}{25}v_1$                       C.  $v_1$                       D.  $\frac{5}{3}v_1$

**【答案】** B

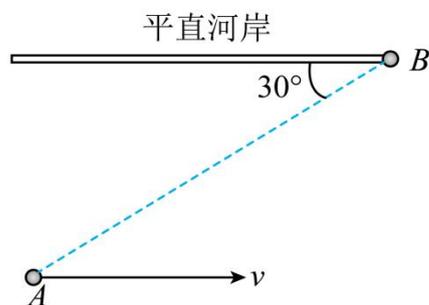
**【详解】** 根据题意得  $\tan\theta = \frac{r}{\frac{4}{3}r}$  解得  $\theta = 37^\circ$  小船航行时在静水中速度的最小值为

$$v_2 = v_1 \sin 2\theta \quad \text{解} \quad v_2 = \frac{24}{25}v_1$$

故选 B。



**【变式 1-2】** (2023·福建福州·统考模拟预测) 洪水无情人有情, 每一次重大抢险救灾, 都有子弟兵的身影。如图所示, 水速为  $v$ , 消防武警驾驶冲锋舟若采取冲锋舟最小速度和船头正对河岸两种行驶方案, 沿与平直河岸成  $30^\circ$  角的线路把被困群众从  $A$  处送到对岸安全地  $B$  处, 则两种方案中冲锋舟最小速度  $v_1$  和船头正对河岸的冲锋舟速度  $v_2$  之比为 ( )



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

**【答案】** D

**【详解】** 设冲锋舟以最小速度  $v_1$  和船头正对河岸速度  $v_2$  分别从  $A$  到  $B$ , 冲锋舟最小速度  $v_1$  垂直于  $AB$  连线

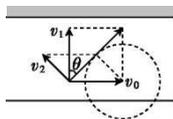
$v_1 = v \sin 30^\circ$  冲锋舟速度  $v_2$  垂直于水平河岸  $v_2 = v \tan 30^\circ$  可知  $\frac{v_1}{v_2} = \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$  故选项 D 正确。

**【变式 1-3】** 有甲、乙两只船, 它们在静水中航行的速度分别为  $v_1$  和  $v_2$ , 现在两船从同一渡口向河对岸开去, 已知甲船想用最短时间渡河, 乙船想以最短航程渡河, 结果两船抵达对岸的

地点恰好相同。则甲、乙两船渡河所用时间之比 $\frac{t_1}{t_2}$ 为( )。

- A.  $\frac{v_2^2}{v_1}$     B.  $\frac{v_1}{v_2}$     C.  $\frac{v_2^2}{v_1^2}$     D.  $\frac{v_1^2}{v_2^2}$

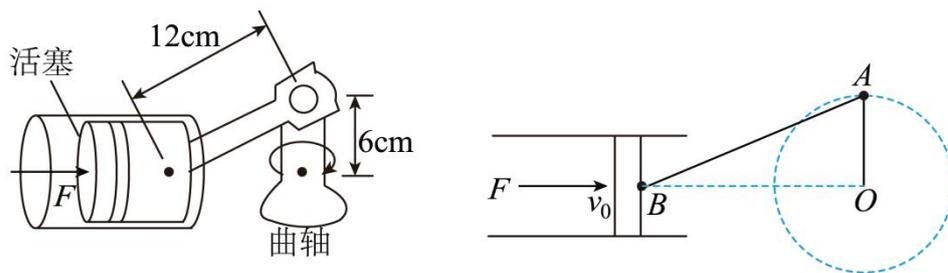
**【答案】** C



**【解析】**当  $v_1$  与河岸垂直时,甲船渡河时间最短;乙船船头斜向上游开去,才有可能航程最短,由于甲、乙两只船到达对岸的地点相同(此地点并不在河正对岸),可见乙船在静水中的速度  $v_2$  比水的流速  $v_0$  要小,要满足题意,则如图所示。设河宽为  $d$ ,甲用时  $t_1 = \frac{d}{v_1}$ ,乙用时  $t_2 = \frac{d}{v_2 \cos \theta}$ ,则  $\frac{t_1}{t_2} = \frac{v_2 \sin \theta}{v_1}$ ,  $\cos \theta = \frac{v_2}{v_0}$ ,  $\tan \theta = \frac{v_0}{v_1}$ , 联立解得  $\frac{v_2}{v_1} = \sin \theta$ ,  $\frac{t_1}{t_2} = \frac{v_2^2}{v_1^2}$ 。C 项正确。

**【易错点提醒二】 关联速度模型分解速度错误**

**【例 2】**(2023·湖南省隆回县第二中学模拟预测) 如图所示为内燃机中轻质活塞和曲柄连杆结构的示意图和简图。气缸内高压气体推动活塞使其往复运动, 某时刻活塞的速度为  $v_0$ , 连杆  $AO$  与活塞轴线  $BO$  垂直, 气缸中高压气体及外部大气对活塞作用力的合力大小为  $F$ , 已知  $AO = \frac{1}{2} AB$ , 不计一切摩擦, 则此刻 ( )



- A. 活塞对连杆  $AB$  的作用力为  $2F$
- B. 气缸壁对活塞的作用力为  $\frac{\sqrt{3}}{3} F$
- C. 连杆  $AB$  的  $A$  端沿连杆  $AB$  方向的线速度为  $\frac{2\sqrt{3}}{3} v_0$
- D. 连杆  $OA$  的  $A$  端绕  $O$  点转动的线速度为  $v_0$

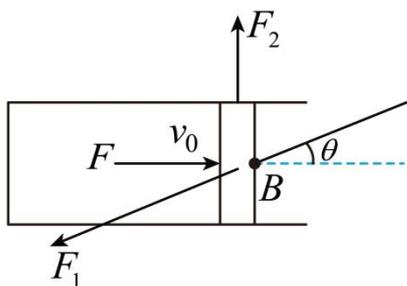
**易错分析:** 不能根据  $A$  点速度的实际情况分解两个分速度, 而是凭想象分解为水

### 平方向和竖直方向

【答案】 BD

【解析】 连杆  $AO$  与活塞轴线  $BO$  垂直时，由几何关系可知  $BA$  与  $BO$  之间的夹角  $\theta = 30^\circ$

由于是轻质活塞，所以活塞所受合外力为零，活塞受连杆  $AB$  对其的推力  $F_1$ 、气缸壁对其的弹力  $F_2$  和高压气体及外部大气对活塞的作用力作用，如图所示

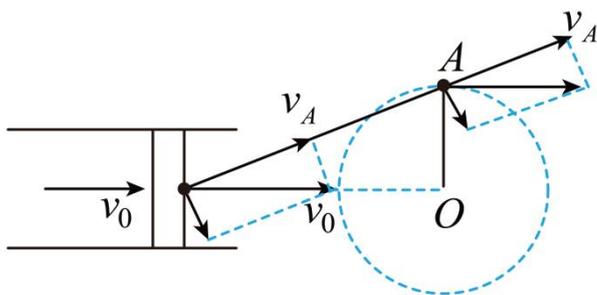


根据平衡条件可得

$$F_1 \cos \theta = F$$

$$F_1 \sin \theta = F_2$$

解得  $F_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3} F$   $F_2 = \frac{\sqrt{3}}{3} F$  故 A 错误，B 正确； $v_0$  沿连杆  $AB$  方向和垂直于连杆  $AB$  方向分解，如图所示



沿连杆  $AB$  方向的速度  $v_A = v_0 \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0$

连杆  $OA$  的  $A$  端绕  $O$  转动的线速度  $v = \frac{v_A}{\cos 30^\circ} = v_0$ ，故 C 错误，D 正确。

### 变式练习

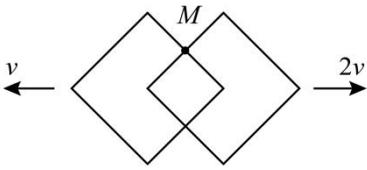
【变式 1-1】 如图所示，长为  $L$  的直棒一端可绕固定轴  $O$  转动，另一端搁在水平升降台上，升降平台以速度  $v$  匀速上升，当棒与竖直方向的夹角为  $\theta$  时，棒的角速度为( )



物体  $P$  的速度与小车沿绳子方向的速度相等，则有  $v_P = v \cos \theta_2$  故 **B** 正确，**A** 错误；

CD. 小车向右运动，所以  $\theta_2$  减小， $v$  不变，所以  $v_P$  逐渐变大，说明物体  $P$  沿斜面向上做加速运动。对物体  $P$  受力分析可知，物体  $P$  受到竖直向下的重力，垂直于斜面向上的支持力，沿绳向上的拉力  $T$ ，沿斜面和垂直斜面建立正交轴，沿斜面方向由牛顿第二定律可得  $T - mg \sin \alpha = ma$  可得  $T > mg \sin \alpha$  故 CD 错误。故选 **B**

**【变式 1-3】** (2023·河南安阳·安阳一中校考模拟预测) 两个相同的正方形铁丝框按图所示放置，它们沿对角线方向分别以速度  $v$  和  $2v$  向两边运动，则两线框的交点  $M$  的运动速度大小为 ( )



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

B.  $\frac{\sqrt{10}}{2}v$

C.  $\frac{\sqrt{6}}{2}v$

D.  $\frac{\sqrt{2}}{2}v$

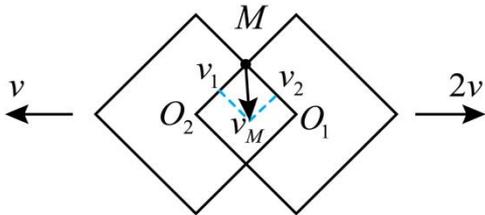
**【答案】** B

**【详解】** 若右框不动，左框以速度  $v$  向左运动，则交点  $M$  沿框边滑行的速度为

$$v_1 = v \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}v$$

若左框不动，右框以速度  $2v$  向右运动，则交点  $M$  沿框边滑行的速度为  $v_2 = 2v \cos 45^\circ = \sqrt{2}v$

当左右两框同时运动时，相当于交点同时参加上述两种运动，如图所示



$$v_M = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{\frac{1}{2}v^2 + 2v^2} = \frac{\sqrt{10}}{2}v$$

因此其速度为  $\frac{\sqrt{10}}{2}v$  故选 **B**

**【易错点提醒三】** 不会用运动的合成与分解求平抛运动问题

**【例 3】** (2021·河北高考真题) 铯原子钟是精确的计时仪器，图 1 中铯原子从  $O$  点以  $100\text{m/s}$  的初速度在真空中做平抛运动，到达竖直平面  $MN$  所用时间为  $t_1$ ；图 2 中铯原子在真空中从  $P$  点做竖直上抛运动，到达最高点  $Q$  再返回  $P$  点，整个过程所用时间为  $t_2$ ， $O$  点到竖直平面  $MN$ 、 $P$  点到  $Q$  点的距离均为  $0.2\text{m}$ ，重力加速度取  $g = 10\text{m/s}^2$ ，则  $t_1:t_2$  为 ( )

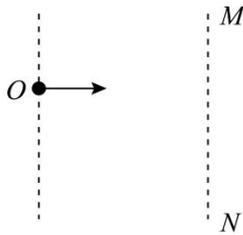


图1

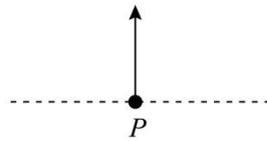


图2

A. 100 : 1

B. 1 : 100

C. 1 : 200

D. 200 : 1

**易错分析**平抛运动可以分解为水平方向上的匀速直线运动和竖直方向上的自由落体运动。

分别研究两个分运动的规律，必要时再用运动合成的方法进行合成。

**【答案】**C

**【解析】**铯原子做平抛运动，水平方向上做匀速直线运动，即

$$x = vt_1$$

解得

$$t_1 = \frac{x}{v} = \frac{0.2}{100} \text{ s}$$

铯原子做竖直上抛运动，抛至最高点用时  $\frac{t_2}{2}$ ，逆过程可视为自由落体，即

$$x = \frac{1}{2} g \left(\frac{t_2}{2}\right)^2$$

解得

$$t_2 = \sqrt{\frac{8x}{g}} = \sqrt{\frac{8 \times 0.2}{10}} = 0.4 \text{ s}$$

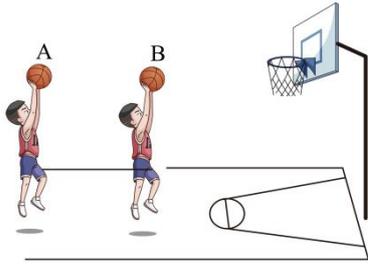
则

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{0.2}{100}}{0.4} = \frac{1}{200}$$

故选 C。

### 变式练习

**【变式 1-3】**(2021·江苏高考真题) 如图所示，A、B 两篮球从相同高度同时抛出后直接落入篮筐，落入篮筐时的速度方向相同，下列判断正确的是 ( )



- A.  $A$  比  $B$  先落入篮筐
- B.  $A$ 、 $B$  运动的最大高度相同
- C.  $A$  在最高点的速度比  $B$  在最高点的速度小
- D.  $A$ 、 $B$  上升到某一相同高度时的速度方向相同

【答案】D

【解析】

AB. 若研究两个过程的逆过程，可看做是从篮筐沿同方向斜向上的斜抛运动，落到同一高度上的  $AB$  两点，则  $A$  上升的高度较大，高度决定时间，可知  $A$  运动时间较长，即  $B$  先落入篮筐中， $AB$  错误；

C. 因为两球抛射角相同， $A$  的射程较远，则  $A$  球的水平速度较大，即在最高点的速度比  $B$  在最高点的速度大， $C$  错误；

D. 由斜抛运动的对称性可知，当  $A$ 、 $B$  上升到与篮筐相同高度时的速度方向相同， $D$  正确。

故选 D。

【变式 1-3】(2023·湖南卷·第 2 题) 如图 (a)，我国某些农村地区人们用手抛撒谷粒进行水稻播种。某次抛出的谷粒中有两颗的运动轨迹如图 (b) 所示，其轨迹在同一竖直平面内，抛出点均为  $O$ ，且轨迹交于  $P$  点，抛出时谷粒 1 和谷粒 2 的初速度分别为  $v_1$  和  $v_2$ ，其中  $v_1$  方向水平， $v_2$  方向斜向上。忽略空气阻力，关于两谷粒在空中的运动，下列说法正确的是 ( )



图 (a)

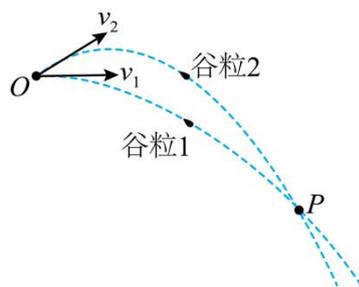


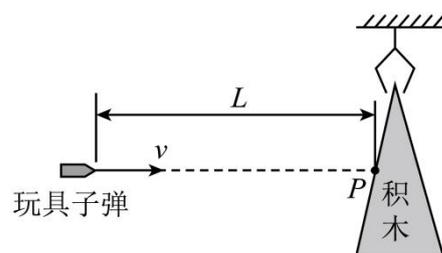
图 (b)

- A. 谷粒 1 的加速度小于谷粒 2 的加速度  
 B. 谷粒 2 在最高点的速度小于  $v_1$   
 C. 两谷粒从  $O$  到  $P$  的运动时间相等  
 D. 两谷粒从  $O$  到  $P$  的平均速度相等

【答案】B

【解析】抛出的两粒谷粒在空中运动都是只受重力，加速度都是重力加速度，所以谷粒 1 的加速度等于谷粒 2 的加速度，A 错误；根据抛体运动规律，可知谷粒 2 在最高点的速度小于  $v_1$ ，两谷粒从  $O$  到  $P$  的运动时间不相等，B 正确 C 错误；由于两谷粒在空中运动时间不相等，所以两谷粒从  $O$  到  $P$  的平均速度不相等，D 错误。

【变式 1-3】(2022·广东卷·T6) 如图 5 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  $\frac{L}{v}$

【答案】B

【解析】

由题意知枪口与  $P$  点等高，子弹和小积木在竖直方向上做自由落体运动，当子弹击中积木时子弹和积木运动时间相同，根据

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

可知下落高度相同，所以将击中  $P$  点；又由于初始状态子弹到  $P$  点的水平距离为  $L$ ，子弹在水平方向上做匀速直线运动，故有

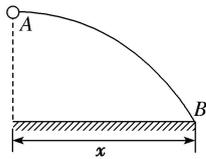
$$t = \frac{L}{v}$$

故选 B。

【易错点提醒四】盲目套用平抛运动的基本规律

【例 4】如图所示为置于竖直平面内的光滑杆  $AB$ ，它是依照初速度为  $v_0$ 、水平射程为  $x$  的

平抛运动轨迹制成的， $A$  端为抛出点， $B$  端为落地点。现将一质量为  $m$  的小球套于其上，小球由静止开始从  $A$  端滑下，重力加速度为  $g$ ，则当小球到达  $B$  端时，下列说法正确的是( )



- A. 小球在水平方向的速度大于  $v_0$
- B. 小球运动的时间为  $\frac{x}{v_0}$
- C. 小球的速率为  $\frac{gx}{v_0}$
- D. 小球所受重力的功率为  $\frac{mg^2x}{v_0}$

**易错分析：**此题容易出现的错误是盲目套用平抛运动的规律，因此在处理此类问题时要注意以下两点：

- (1) 牢记平抛运动的两个基本条件：一是只受重力作用，二是必须要有水平方向的初速度。  
 (2) 平抛运动可以分解为竖直方向的自由落体运动和水平方向的匀速直线运动。

此题中的小球虽然是按照平抛运动的轨迹运动的，但由于小球没有初速度，因此小球的运动不能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，所以小球的运动并不能按平抛运动进行处理

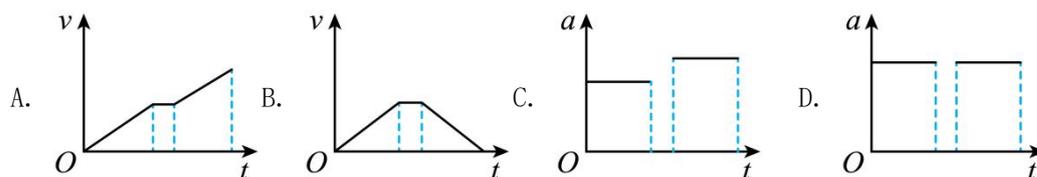
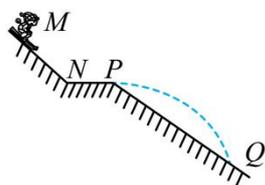
**【答案】** C

**【解析】** 小球若沿题图所示轨迹做平抛运动，其运动到  $B$  端所用的时间  $t = \frac{x}{v_0}$ ，则  $A$  端距离地面的高度  $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{gx^2}{2v_0^2}$ ，小球沿杆由静止开始从  $A$  运动到  $B$ ，虽然轨迹为平抛运动轨迹，但小球的运动不是平抛运动，因此运动的时间  $t \neq \frac{x}{v_0}$ ， $B$  错误。设小球运动到  $B$  端时的速率为  $v_B$ ，根据动能定理得  $mgh = \frac{1}{2}mv_B^2$ ，解得  $v_B = \sqrt{2gh} = \frac{gx}{v_0}$ ，小球运动到  $B$  端时，在竖直方向的速度大小  $v_y \neq v_B$ ，因此重力的功率不等于  $\frac{mg^2x}{v_0}$ ， $C$  正确， $D$  错误。小球运动到  $B$  端时的速度方向与水平方向夹角的正切值  $\tan \theta = \frac{gt}{v_0} = \frac{gx}{v_0^2}$ ，可知小球运动到  $B$  端时的速度大小  $v_x = v_B \cos \theta = \frac{gxv_0}{\sqrt{v_0^4 + g^2x^2}} < v_0$ ， $A$  错误。

### 变式练习

**【变式 1-1】** (2022 · 广东卷 · T3) 图是滑雪道的示意图。可视为质点的运动员从斜坡上

的  $M$  点由静止自由滑下，经过水平  $NP$  段后飞入空中，在  $Q$  点落地。不计运动员经过  $N$  点的机械能损失，不计摩擦力和空气阻力。下列能表示该过程运动员速度大小  $v$  或加速度大小  $a$  随时间  $t$  变化的图像是 ( )



【答案】C

【解析】

设斜坡倾角为  $\theta$ ，运动员在斜坡  $MN$  段做匀加速直线运动，根据牛顿第二定律

$$mg \sin \theta = ma_1$$

可得

$$a_1 = g \sin \theta$$

运动员在水平  $NP$  段做匀速直线运动，加速度

$$a_2 = 0$$

运动员从  $P$  点飞出后做平抛运动，加速度为重力加速度

$$a_3 = g$$

设在  $P$  点的速度为  $v_0$ ，则从  $P$  点飞出后速度大小的表达式为

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

由分析可知从  $P$  点飞出后速度大小与时间的图像不可能为直线，且

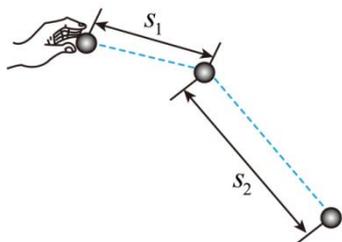
$$a_1 < a_3$$

C 正确，ABD 错误。

故选 C。

【变式 1-2】(2022·全国甲卷·T24) 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 0.05s 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】**

频闪仪每隔 0.05s 发出一次闪光，每相邻两个球之间被删去 3 个影像，故相邻两球的时间间隔为

$$t = 4T = 0.05 \times 4\text{s} = 0.2\text{s}$$

设抛出瞬间小球的速度为  $v_0$ ，每相邻两球间的水平方向上位移为  $x$ ，竖直方向上的位移分别为  $y_1$ 、 $y_2$ ，根据平抛运动位移公式有

$$x = v_0 t$$

$$y_1 = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.2^2 \text{m} = 0.2\text{m}$$

$$y_2 = \frac{1}{2} g (2t)^2 - \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (0.4^2 - 0.2^2) \text{m} = 0.6\text{m}$$

令  $y_1 = y$ ，则有

$$y_2 = 3y_1 = 3y$$

已标注的线段  $s_1$ 、 $s_2$  分别为

$$s_1 = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$s_2 = \sqrt{x^2 + (3y)^2} = \sqrt{x^2 + 9y^2}$$

则有

$$\sqrt{x^2 + y^2} : \sqrt{x^2 + 9y^2} = 3 : 7$$

整理得

$$x = \frac{2\sqrt{5}}{5}y$$

故在抛出瞬间小球的速度大小为

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

**【易错点提醒五】不会分析圆周运动向心力的来源**

**【例 5】**（2021·浙江高考真题）质量为  $m$  的小明坐在秋千上摆动到最高点时的照片如图所示，对该时刻，下列说法正确的是（ ）



- A. 秋千对小明的作用力小于  $mg$
- B. 秋千对小明的作用力大于  $mg$
- C. 小明的速度为零，所受合力为零
- D. 小明的加速度为零，所受合力为零

**易错分析：**向心力可以由一个力提供，也可以由几个力的合力提供，还可以由一个力的分力提供。

能准确的找出向心力的来源

**【答案】**A

**【解析】**在最高点，小明的速度为 0，设秋千的摆长为  $l$ ，摆到最高点时摆绳与竖直方向的夹角为  $\theta$ ，秋千对小明的作用力为  $F$ ，则对人，沿摆绳方向受力分析有

$$F - mg \cos \theta = m \frac{v^2}{l}$$

由于小明的速度为 0，则有

$$F = mg \cos \theta < mg$$

沿垂直摆绳方向有

$$mg \sin \theta = ma$$

解得小明在最高点的加速度为

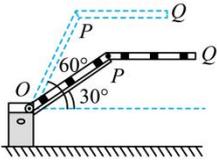
$$a = g \sin \theta$$

所以 A 正确；BCD 错误；

故选 A。

### 变式练习

**【变式 1-1】**. (2021·广东高考真题) 由于高度限制, 车库出入口采用图所示的曲杆道闸, 道闸由转动杆  $OP$  与横杆  $PQ$  链接而成,  $P$ 、 $Q$  为横杆的两个端点。在道闸抬起过程中, 杆  $PQ$  始终保持水平。杆  $OP$  绕  $O$  点从与水平方向成  $30^\circ$  匀速转动到  $60^\circ$  的过程中, 下列说法正确的是 ( )



- A.  $P$  点的线速度大小不变
- B.  $P$  点的加速度方向不变
- C.  $Q$  点在竖直方向做匀速运动
- D.  $Q$  点在水平方向做匀速运动

**【答案】** A

**【解析】**

A. 由题知杆  $OP$  绕  $O$  点从与水平方向成  $30^\circ$  匀速转动到  $60^\circ$ , 则  $P$  点绕  $O$  点做匀速圆周运动, 则  $P$  点的线速度大小不变, A 正确;

B. 由题知杆  $OP$  绕  $O$  点从与水平方向成  $30^\circ$  匀速转动到  $60^\circ$ , 则  $P$  点绕  $O$  点做匀速圆周运动,  $P$  点的加速度方向时刻指向  $O$  点, B 错误;

C.  $Q$  点在竖直方向的运动与  $P$  点相同, 相对于  $O$  点在竖直方向的位置  $y$  关于时间  $t$  的关系为

$$y = l_{OP} \sin\left(\frac{\pi}{6} + \omega t\right)$$

则可看出  $Q$  点在竖直方向不是匀速运动, C 错误;

D.  $Q$  点相对于  $O$  点在水平方向的位置  $x$  关于时间  $t$  的关系为

$$x = l_{OP} \cos\left(\frac{\pi}{6} + \omega t\right) + l_{PQ}$$

则可看出  $Q$  点在水平方向也不是匀速运动, D 错误。

故选 A。

**【变式 1-2】**. (2020·全国高考真题) 如图, 一同学表演荡秋千。已知秋千的两根绳长均

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/478061106026007002>