

刻,物体 Q 的机械能为 $E_k + E_p = \frac{1}{2}E$, 物体 Q 在 $t=T$ 时刻之后只受重力作用,其机械能守恒,故 **B 正确**.

- 11. B** 【解析】甲所坐木板刚要离开原位置时所受摩擦力为最大静摩擦力,设弹性绳的伸长量为 x , 则 $kx = \mu mg$. 由于乙所坐的木板缓慢运动,可认为处于静止状态,动能为零. 开始时弹性绳无弹力,由功能关系得 $W = \frac{1}{2}kx^2 + \mu mg(l-d+x)$, 解得 $W = \frac{3(\mu mg)^2}{2k} + \mu mg(l-d)$, **B 正确**.

12. C

思路导引 物块和小车共速前,物块做匀加速直线运动,小车做变加速直线运动,电动机的功率恒定,牵引力做功 $W = Pt$,功率恒定时用动能定理可以联系位移和时间.

【解析】

选项	分析	结论
A	物块加速至 v_0 过程: $\mu mg \cos 30^\circ - mg \sin 30^\circ = ma$, 得 $a = \frac{1}{4}g$, $v_0 = at$, 得 $t = \frac{4v_0}{g}$, $x_{物} = \frac{1}{2}at^2 = \frac{2v_0^2}{g}$	×
B	物块加速至 v_0 过程,物块机械能增量 $\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgx_{物} \sin 30^\circ = \frac{3}{2}mv_0^2$	×
C	小车加速至 v_0 过程,根据能量守恒定律有 $Pt - (mg \sin 30^\circ + \mu mg \cos 30^\circ)x_{车} = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$, 得 $x_{车} = \frac{16Pv_0}{5mg^2} - \frac{2v_0^2}{5g}$	✓
D	小车加速至 v_0 过程,小车机械能增量 $\Delta E' = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgx_{车} \sin 30^\circ = \frac{8Pv_0}{5g} + \frac{3}{10}mv_0^2$	×

- 13. (1) ④①⑥⑤ (2) 1.79 (3) 通过 2g 19.1**

(4) $\left| \frac{2g-k}{2g} \right|$ 2.6

【解析】(1) 该实验的步骤为:将纸带下端固定在重锤上,穿过打点计时器的限位孔,用手捏住纸带上端;先接通电源,打点计时器开始打点,然后再释放纸带;关闭电源,取下纸带;在纸带上选取一段,用刻度尺测量该段内各点到起点的距离,记录分析数据. 根据实验原理 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 可知,等号

两边质量可以约掉,不需要用电子天平称量重锤的质量. 故正确的实验步骤及顺序为④①⑥⑤.

(2) 根据题意可知,纸带上相邻计数点的时间间隔 $T = \frac{1}{f} = 0.02$ s, 根据匀变速直线运动规律得中间时刻的瞬时速度等于该过程的平均速度,可得打出 B 点时重锤下落的速度大小 $v_B = \frac{AC}{2T} = \frac{(20.34-13.20) \times 10^{-2}}{2 \times 0.02}$ m/s ≈ 1.79 m/s.

(3) 若机械能守恒,则满足 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$, 可得 v^2-h 关系式为 $v^2 = 2gh$, 可知题图 3 中直线通过原点且斜率为 $2g$; 由题图 3 中数据计算可得直线的斜率 $k = \frac{5.5-1.4}{0.29-0.075}$ m/s² = 19.1 m/s².

(4) 重锤重力势能减小量 $E_p = mgh$, 动能增加量 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mgh$, $\eta = \left| \frac{E_p - E_k}{E_p} \right| \times 100\% = \left| \frac{mgh - \frac{1}{2}mgh}{mgh} \right| \times 100\% = \left| \frac{2g-k}{2g} \right| \times 100\%$, 代入数据解得 $\eta = \left| \frac{19.60-19.1}{19.60} \right| \times 100\% = 2.6\%$.

刷原创

- 1. B** 【解析】功的计算式 $W = F \cos \alpha$ 中的 s 为力对作用点的位移,运动员起跳过程中,地面对他的支持力没有位移,则地面对运动员做功为 0,故 **B 正确**.
易错点: 易忽略做功的条件导致错解

- 2. (1) $mg \sin \theta \sqrt{2gH \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta} \right)}$ (2) 会 减小**

【解析】(1) 小球从释放至滑到木板 a 底端的过程中,根据动能定理可得

$$mgH - \mu mg \cos \theta \cdot \frac{H}{\sin \theta} = \frac{1}{2}mv^2 - 0,$$

小球滑到木板 a 底端时,重力的功率为 $P = mgv \sin \theta$,

$$\text{联立解得 } P = mg \sin \theta \sqrt{2gH \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta} \right)}.$$

(2) 小球从释放到运动到 c 木板上的最高点过程中,设小球在 c 上运动的最高点的高度为 h ,根据动能定理得

$$mg(H-h) - \mu mg \cos \theta \cdot \frac{H}{\sin \theta} - \mu mgL - \mu mg \cos \alpha \cdot \frac{h}{\sin \alpha} = 0,$$

$$\text{解得 } h = \frac{H - \mu \frac{H}{\tan \theta} - \mu L}{1 + \frac{\mu}{\tan \alpha}},$$

由上式可知 α 逐渐减小时,小球在木板 c 上运动的最高点的高度会变化,将减小.

第 2 章 抛体运动

第 1 节 运动的合成与分解

课时 1 曲线运动

刷基础

- 1. C** 【解析】根据曲线运动的特点可知,足球的速度方向沿运动轨迹切线方向,合外力方向指向运动轨迹的凹侧,则加速
易错点: 通过合力指向运动轨迹的凹侧判断合力方向

度方向指向运动轨迹的凹侧,足球做曲线运动,足球的加速度方向与速度方向不在同一条直线上,故 **A、B 错误, C 正确**;足球在运动过程中受到重力和空气阻力的作用,空气阻力为变力,所以足球的运动不是匀变速曲线运动,故 **D 错误**.

易错点: 匀变速运动为加速度不变的运动

- 2. C** 【解析】该型 HGV 做曲线运动,速度方向一定沿着运动轨迹的切线方向, **A 正确**;该型 HGV 在 a 点所受合力指向运

高中必刷题 物理

动轨迹的凹侧,即指向地球,B 正确;该型 HGV 在 b 点受到的合力方向指向运动轨迹凹侧,则加速度指向运动轨迹凹侧,速度方向沿切线方向,可知运动轨迹夹在速度方向和加速度方向之间,C 错误;该型 HGV 做曲线运动,在 a 点速度沿运动轨迹切线方向,合力指向运动轨迹凹侧,二者方向不同,D 正确。本题选错误的,故选 C。

关键点拨 做曲线运动的物体,速度方向沿运动轨迹的切线方向,合力方向(加速度方向)指向运动轨迹的凹侧,运动轨迹夹在速度方向和合力方向之间;物体做曲线运动的条件是:合力方向(加速度方向)与速度方向不在一条直线上。

3. C 【解析】物体从光滑水平面的 A 点开始运动,初速度水平向左,受到竖直向上的力 F ,由物体做曲线运动的条件可知, F 的方向指向物体运动轨迹的凹侧,物体运动到 B 点时力 F

→ **关键点:** 曲线运动速度方向为曲线的切线方向,合外力指向曲线的凹侧

的方向变成与运动方向相同,此后物体做直线运动,到达 C 点时,力 F 的方向又突然改为水平向左, F 的方向指向物体运动轨迹的凹侧,即轨迹应在力 F 与 v_C 之间,B 错误;物体最终到达 D 点,到达 D 点时运动方向 v_D 应斜向左上,A、D 错误,C 正确。

4. CD 【解析】质点在恒力的作用下做曲线运动,由牛顿第二定律可知,加速度的大小、方向都不变,质点做曲线运动,所受合力方向指向运动轨迹的凹侧,质点从 M 点运动到 N 点时,其速度方向恰好改变了 90° ,可以判断恒力方向指向右下方,与初速度的方向夹角要大于 90° 小于 180° ,质点先做减速运动,后做加速运动,因此质点做速度先减小后增大的匀变速曲线运动,故 A、B 错误,C 正确;质点沿竖直方向做匀减速直线运动且末速度为零,在水平方向做初速度为零的匀加速直线运动,又 $v_M : v_N = 1 : 1$,由 $v = at$ 可知,质点在竖直方向与水平方向的加速度大小相等,在这两个方向所受合力大小相等,质点所受恒力方向与水平方向间夹角的正切值 $\tan \theta = 1$,则 $\theta = 45^\circ$,故 D 正确。

刷易错

★易错点 不能判断受力发生突变时物体的运动性质

5. C 【解析】物体在 F_1 、 F_2 、 F_3 三个恒力共同作用下做匀速直线运动,即三个力的合力为零,当突然撤去 F_2 这个力时,另外两个力的合力与 F_2 大小相等、方向相反,若物体原来速度的方向与 F_2 的方向相同,则物体沿 F_2 原方向做匀减速运动,不会立即沿 F_2 的反方向返回,也不会做曲线运动,故 A、B 错误,C 正确;因 F_1 和 F_3 的合力沿 F_2 反方向,不论物体原来速度方向如何,均不可能沿 F_2 反方向做匀减速运动,故 D 错误。

易错分析 物体的运动性质是由物体的受力和速度共同决定的。物体做直线运动的条件为合力方向与速度方向共线,如果合力方向与速度方向同向,物体做加速直线运动;如果合力方向与速度方向反向,物体做减速直线运动;如果合力为恒力,物体做匀加速或匀减速直线运动。物体做曲线运动的条件为合力方向与速度方向不共线,如果合力是恒力,物体做匀变速曲线运动,如本章将要介绍的平抛运动;如果合力是变力,物体做非匀变速曲线运动,如下一章将要介绍的圆周运动。

课时 2 运动的合成与分解

刷基础

1. C 【解析】合运动的速度是分运动速度的矢量和,其大小取

决于分速度的大小和方向,合速度可以比分速度大,也可以比分速度小,还可以和分速度大小相等,A 错误。若为两个匀速直线运动的合运动,其加速度为零,若合运动的速度不为零,则为匀速直线运动,若合速度为零,则物体静止,不可能是曲线运动;若为两个匀变速直线运动,若合速度与合加速度共线,则合运动为匀变速直线运动,若合速度与合加速度不共线,则合运动为匀变速曲线运动,B 错误,C 正确。合初速度为零,若合加速度为零,则物体静止,若合加速度不为零,则物体必沿合加速度方向做匀加速直线运动,D 错误。

方法总结 合运动性质的判断

合运动是直线运动还是曲线运动取决于合初速度方向与合加速度方向是否在同一直线上。

2. A 【解析】在水平方向上,雨滴相对于学生的速度为 1.5 m/s ,方向向东,在竖直方向上,雨滴的速度为 2 m/s ,方向竖直向下,设雨滴相对于学生的速度方向与竖直方向的夹角为 α ,根据矢量合成可得 $\tan \alpha = \frac{v_{\text{水平}}}{v_{\text{竖直}}} = \frac{3}{4}$,解得 $\alpha = 37^\circ$,为使伞面与雨滴相对于学生的速度方向垂直,则伞柄应与该速度方向在同一直线上,与竖直方向夹角为 37° ,A 正确。

3. B 【解析】红蜡块在 y 轴方向做匀速运动,在 x 轴方向做匀减速运动,则合加速度指向 x 轴负方向,红蜡块合速度方向与

→ **突破点:** y 轴方向合力为 0, x 轴方向合力指向 x 轴负方向,则合加速度指向 x 轴负方向

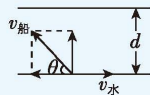
合加速度方向不共线,做曲线运动,结合合力指向运动轨迹的凹侧,可知轨迹的凹侧指向 x 轴负向,则红蜡块运动的轨迹可能为 B,B 正确。

4. AD

模型构建

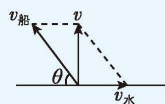
1. 渡河时间最短问题

渡河时间最短:在河宽、船速一定时,在一般情况下,渡河时间 $t = \frac{d}{v_1 \sin \theta} = \frac{d}{v_{\text{船}} \sin \theta}$,显然,当 $\theta = 90^\circ$,即船头指向与河岸垂直时,渡河时间最短为 $\frac{d}{v_{\text{船}}}$ 。



2. 渡河位移最短问题

若 $v_{\text{船}} > v_{\text{水}}$,船头指向如图甲所示。

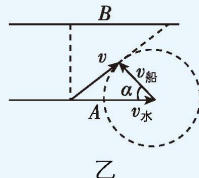


甲

结论:船头偏向上游,使得合速度垂直于河岸,位移大小为

河宽,偏离上游的角度满足 $\cos \theta = \frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}$ 。

若 $v_{\text{船}} < v_{\text{水}}$,则不论船的航向如何,总是被水冲向下游,怎样才能使渡河的位移最小呢?如图乙所示。



乙

【解析】当船头垂直河岸渡河时,小船渡河的时间最短,有

$t_{\min} = \frac{120}{4} \text{ s} = 30 \text{ s}$, 小船的合速度大小为 $v_{\text{合}} = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$, 则小船渡河位移大小为 $s = v_{\text{合}} t = 150 \text{ m}$, 故 **A、D 正确**; 由于船在静水中的速度大于水流速度, 所以当合速度垂直河岸时, 小船渡河的位移最短, 此时合速度大小为 $v'_{\text{合}} = \sqrt{4^2 - 3^2} \text{ m/s} = \sqrt{7} \text{ m/s}$, 则小船渡河时间为 $t = \frac{120}{\sqrt{7}} \text{ s}$, 故 **B 错误**;

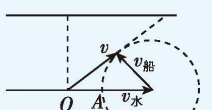
调整船头的方向, 小船在河水中的合速度大小范围为 $4 \text{ m/s} - 3 \text{ m/s} = 1 \text{ m/s} \leq v_{\text{合}} \leq 4 \text{ m/s} + 3 \text{ m/s} = 7 \text{ m/s}$, 故 **C 错误**.

关键点: 船速与水速方向相反时合速度最小, 方向相同时合速度最大

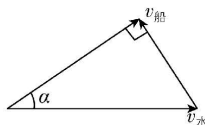
5. AD

模型构建

甲的船在静水中的速度 $v_{\text{船}} < v_{\text{水}}$, 所以从 Q 点到对岸不能垂直河岸, 此时合速度只能与船速垂直, 按如图所示方式过河.



【解析】 甲驾船从 P 到 Q 直线距离最短为 $x_{PQ} = \sqrt{80^2 + 60^2} \text{ m} = 100 \text{ m}$, 由于甲的船在静水中的行驶速度小于水流速度, 所以从 Q 到对岸不能垂直河岸过河, 若路程最短, 此时合速度只能与船速垂直, 按如图所示方式过河, 其中 $\sin \alpha = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}} = \frac{d}{2x}$, 解得 $x = 75 \text{ m}$, 故最短



易错点: 垂直河岸的距离为 $\frac{d}{2}$

路程 $s_{\min} = x_{PQ} + x = 175 \text{ m}$, **A 正确**; 若甲的船头一直垂直河岸, 则到达对岸时间 $t = \frac{d}{v_{\text{船}}} = 15 \text{ s}$, 由于从 P 到 Q 船头垂直河岸时, 甲将无法到达 Q 点, 所以从 P 到 Q , 船头不能垂直于河岸, 故船在河中行驶时间将大于 15 s , 故 **B 错误**; 由于船速小于水速, 船不可能原路返回, 故 **C 错误**; 船速可调时, 当 $v_{\text{船}}$ 与实际速度垂直时, $v_{\text{船}}$ 最小, 有 $\frac{d}{2x_{PQ}} = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}}$, 解得 $v_{\text{船}} = 6 \text{ m/s}$, 故 **D 正确**.

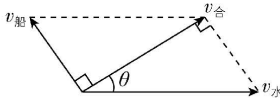
关键点拨 当 $v_{\text{船}} < v_{\text{水}}$ 时的航行策略: 不能垂直河岸过河, 必须调整船头方向, 使合速度(实际运动)指向目标点, 而此时船速已不垂直河岸, 最短过河时间不能直接用 $t = \frac{d}{v_{\text{船}}}$, 需分解速度, 计算沿河岸和垂直河岸的分量. 最短路径由几何关系决定.

6. AC 【解析】 当船在静水中的速度垂直河岸时渡河时间最短, 有

$$t_{\min} = \frac{d}{v_{\text{船}}} = \frac{150}{3} \text{ s} = 50 \text{ s}, \text{ 则小船渡}$$

河时间不少于 50 s , 故 **A 正确**; 船以最短时间渡河时, 沿水流方向的位移大小 $x = v_{\text{水}} t_{\min} = 5 \times 50 \text{ m} = 250 \text{ m}$, 故 **B 错误**; 因为水流速度大于船在静水中的速度, 如图所示, 当合速度与船速的方向垂直时, 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**; 若船以最小位移渡河, 时间为 $t = \frac{5}{3}$



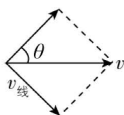
$$\frac{x}{v_{\text{合}}} = \frac{250}{\sqrt{5^2 - 3^2}} \text{ s} = 62.5 \text{ s}, \text{ 故 D 错误.}$$

方法总结 当小船在静水中的速度大于水流速度时, 小船渡河的最小位移为河宽; 当小船在静水中的速度小于水流速度时, 小船不能以河宽为最小位移过河.

7. B 【解析】 当乒乓球经过筒口正前方时, 沿纸筒方向对着球吹气, 乒乓球沿着原方向做匀速直线运动的同时也会沿着吹气方向做加速运动, 实际运动是两个运动的合运动, 故乒乓球一定不会进入纸筒, 只有在乒乓球到达筒口正前方之前吹气才可能让乒乓球进入纸筒. **B 正确**.

教材变式 本题由教材 P42 第 6 题演变而来, 教材考查了实验失败的原因, 本题延伸考查了垂直运动方向吹气时乒乓球的运动轨迹.

8. B 【解析】 细线与光盘的接触点参与两个运动, 一是沿线方向的运动, 二是垂直线方向的运动, 合运动的速度大小为 v , 如图所示, 则有 $v_{\text{线}} = v \sin \theta$, $v_{\text{线}}$ 即为铁球竖直方向的速度大小, 故 **B 正确**,



A、C 错误; 铁球相对于地面的速度大小 $v' = \sqrt{v^2 + (v \sin \theta)^2}$, 故 **D 错误**.

关键点拨 解答本题的关键是选取研究对象、确定合速度方向, 以细线与光盘的接触点为研究对象, 其实际运动与光盘的运动相同, 该点参与了两个分运动: 沿线方向的运动和垂直线方向的运动, 结合三角函数关系即可求解.

9. D

思路导引 题目明确指出“两轮轴速度方向与各自轮面平行”, 即:

- (1) 前轮轴速度 v_1 的方向就是前轮的滚动方向(前轮平面方向).
- (2) 后轮轴速度 v_2 的方向就是后轮的滚动方向(后轮平面方向).

解答本题需明确速度方向, v_2 沿后轮平面方向(BA 方向), v_1 沿前轮平面方向, 与 $A、B$ 连线成 37° 角. 刚性车身约束: 两轮轴速度沿 $A、B$ 连线的分量必须相同, 否则 AB 距离会变化.

【解析】 将前轮 A 的速度分解为沿后轮 B 方向的速度和与后轮 B 速度垂直的速度, 则有 $v_1 \cos \theta = v_2$, 解得 $v_1 = 5 \text{ m/s}$, 故选 **D**.

易错分析 混淆“轮轴速度”与“车身速度”

错误理解: 部分同学可能认为“轮轴速度”就是车身的移动速度, 从而误认为 $v_1 = v_2 = 4 \text{ m/s}$ (无此选项).

正确理解: 自行车转弯时, 前后轮的运动方向不同(否则无法转弯), 因此 v_1 和 v_2 方向必不同. 只有沿 $A、B$ 连线的分量相同, 才能保证车身不拉伸或压缩.

刷易错

★易错点 不能区分实际运动中的合运动和分运动

10. C 【解析】 光斑在墙壁上的移动速度大小 $v = v_0 \cos \theta = 1.6 \text{ m/s}$, **C 正确**.

易错分析 本题易由于不能熟练地确定合运动与分运动而出错. 解决实际问题时, 可先确定合运动, 合运动即为物体的实际运动. 本题中该同学的运动即为合运动, 可以分解为平行于墙壁的运动和垂直于墙壁的运动, 而平行于墙壁的运动即为光斑的运动.

刷提升

1. A 【解析】风力沿水平方向,物资在竖直方向受力不变,则物资的落地时间不受该风力影响,A 正确,B 错误;刮风后物

→ 关键点: 水平风力不影响竖直方向的运动

资受到向下的重力和水平向右的风力,合力方向斜向右下方,而合力的方向指向轨迹的凹侧,可知直线 a 和曲线 b 都不可能是物资的运动轨迹,C、D 错误。

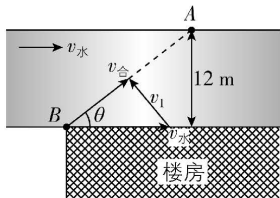
2. C 【解析】两船到达对岸的时间均为 $t = \frac{d}{v \sin \theta}$, d 为河宽,可知两船同时到达对岸,且 t 与 v_0 无关,可知若河水流速 v_0 增大,两船的渡河时间都不变,A、D 正确;两船到达对岸时,两船之间的距离 $x = (v_0 + v \cos \theta)t - (v_0 - v \cos \theta)t + x_0 = 2v \cos \theta \cdot t + x_0 = \frac{2d}{\tan \theta} + x_0$, x_0 为开始时两船间距,若仅是河水流速 v_0 增大,两船到达对岸时,两船之间的距离不变,仍等于 L ,B 正确;若 $v < v_0$,则不论怎样改变 θ 角,甲船总不能到达正对岸的 A 点,C 错误。C 符合题意。

3. BD 【解析】工件在水平方向做匀速直线运动,在竖直方向相对于水平轨道做向上的匀速直线运动,工件的合速度大小为 $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{13}$ m/s,A 错误;若工件运动的速度与水平方向夹角为 θ ,可得 $\tan \theta = \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{3}$,B 正确;2 s 内工件的位移

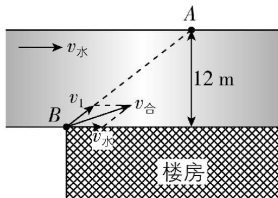
易错点: 工件的位移指合位移

大小为 $x = vt = 2\sqrt{13}$ m,C 错误;若工件上升高度为 4 m,则工件的运动时间为 $t' = \frac{y}{v_1} = 2$ s,水平方向向右移动 $x_2 = v_2 t' = 3 \times 2$ m = 6 m,D 正确。

4. BD 【解析】由题意可知,小伙子合运动的方向由 B 指向 A,河水的流速方向与合运动方向不共线,由速度的合成与分解可知,小伙子面对的方向不是合运动方向,故 A 错误;设小伙子在静水中游泳的速度为 v_1 ,小伙子的合运动方向是从 B 指向 A,作出小伙子游泳时合速度与两个分速度的关系,如图甲所示,当 v_1 与合速度垂直时 v_1 有最小值,设 AB 与河岸下游的夹角为 θ ,根据几何关系有 $\sin \theta = \frac{12}{\sqrt{12^2 + 16^2}} = 0.6$,解得 $\theta = 37^\circ$,游泳时小伙子面对的方向与合速度方向垂直,此时最小的速度为 $v_1 = v_{\text{水}} \sin \theta = 0.6$ m/s,故 B 正确;由上述分析可知,小伙子相对水的速度存在不确定性,其沿河水方向和垂直河岸方向的速度大小及合速度大小都不能确定,则渡河的时间不确定,故 C 错误;若总面对 A 处游,如图乙所示,由图可知,合速度方向指向 A 点下游方向,故小伙子到达不了 A 处,故 D 正确。



甲



乙

刷素养

5. BC 【解析】小球水平方向先匀减速到零然后反向匀加速运动,竖直方向做自由落体运动,水平方向根据牛顿第二定律有 $F = ma$,解得 $a = 2$ m/s²,小球从 A 到 B 运动的时间为 $t = \frac{2v_0}{a} = \frac{2 \times 4}{2}$ s = 4 s,A、B 两点间的距离 $x = \frac{1}{2} at^2 = 80$ m,A 错误;根据水平方向运动对称性可知, $t_1 = 2$ s 时小球距离 A、B 所在

直线最远, $x_{\text{max}} = \frac{1}{2} at_1^2 = 4$ m,B 正确;小球所受合力恒定,加速

→ 突破点: 小球水平方向的速度为 0 时,距离 A、B 所在直线最远

度恒定,方向斜向右下方,与初速度不共线,可知从 A 到 B 的过程中,小球做匀变速曲线运动,前一段时间,小球的速度方向与合力方向夹角为钝角,后一段时间,小球的速度方向与合力方向夹角为锐角,小球先做减速运动,后做加速运动,故小球的速度先减小后增大,C 正确,D 错误。

专题 4 关联速度

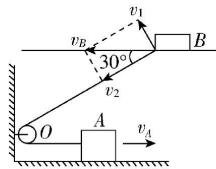
刷题型

1. D 【解析】根据沿绳方向速度大小相等可知 $v_B = v_A \cos \theta$,工作人员 A 以速度 v 沿直线水平向左匀速拉轻绳, θ 角变小,则 $\cos \theta$ 变大,表演者 B 向上做加速运动,当 θ 趋近于 0° 时,表演者 B 的速度趋近于 v ,表演者 B 的加速度趋近于零,故表演者 B 变加速上升,故 A、B 错误;当 $\theta = 45^\circ$ 时,A 与 B 的速度大小之比为 $v_A : v_B = 1 : \cos \theta = 2 : \sqrt{2}$,故 C 错误;当 $\theta = 30^\circ$ 时,A 与 B 的速度大小之比为 $v_A : v_B = 1 : \cos \theta = 2 : \sqrt{3}$,故 D 正确。

2. B 【解析】将物体 B 的速度沿绳方向和垂直绳方向分解,如图所示,则有 $v_2 = v_A$, $v_2 = v_B \cos 30^\circ$,解得 $v_B =$

→ 关键点: 关联问题先分解后找相等量

$$\frac{v_A}{\cos 30^\circ} = \frac{40\sqrt{3}}{3} \text{ m/s, 故 B 正确。}$$



方法总结 绳关联速度分解方法

求解绳关联速度问题时,需注意物体的实际运动为合运动,可将此运动分解为沿绳方向和垂直于绳方向的两个分运动,而关联物体沿绳方向的速度大小相等。

3. C 【解析】根据题意,将 A 球速度沿杆方向与垂直于杆方向分解,同时将 B 球速度也沿杆方向与垂直于杆方向分解,如图所示,则对 A 球有 $v_{1//} = v_1 \sin \theta$,对 B 球有 $v_{2//} = v_2 \sin \theta$,

→ 关键点: 球的速度垂直于半径

沿杆方向速度相同,则有 $v_1 \sin \theta = v_2 \sin \theta$,所以 $v_2 = v_1$,故 C 正确,A、B、D 错误。

4. D 【解析】设 A 点的线速度大小为 v_A ,当 OA 与 AB 垂直时,若 AB 与水平方向的夹角为 θ ,则 $v_B \cos \theta = v_A$,故 B 错误;当 OA 与 AB 共线时, v_A 沿杆方向的分量为零,此时 B 点速度为零,A 点与 B 点的速度大小不相等,故 C 错误;当 OA 与 OB 垂直时,设 AB 与水平方向的夹角为 α ,则 $v_A \cos \alpha = v_B \cos \alpha$,即 $v_A = v_B$,故 D 正确;根据前面分析可知活塞在水平方向做变速直线运动,故 A 错误。

方法总结 关联速度(杆关联)的求解方法:

- ①分解合速度(沿杆和垂直于杆进行分解);
- ②通过沿杆方向分速度相同列等式求解。

5. AD 【解析】竖直杆和半圆柱体时刻保持接触,则在垂直接触点切线方向速度大小应时刻保持相等,将 v_0 和 $v_{\text{杆}}$ 沿过接触点的切线方向和垂直该切线方向进行分解,则有 $v_0 \sin \theta =$

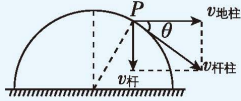
→ 关键点: 接触点参与两个方向的运动,水平向左的运动及沿切线斜向下的运动,合运动竖直向下

$v_{\text{杆}} \cos \theta$,可得 $v_{\text{杆}} = v_0 \tan \theta$,即 $v_0 : v_{\text{杆}} = 1 : \tan \theta$,竖直杆向下运

动, θ 变大, $\tan \theta$ 变大, $v_{\text{杆}} = v_0 \tan \theta$ 变大, 竖直杆做加速运动, A、D 正确, B、C 错误。

一题多解 以半圆柱体为参考系,

在此参考系中, P 点做圆周运动, 即 $v_{\text{杆柱}}$ 的方向沿着圆周上 P 点的切线方向。根据题意, 作出 $v_{\text{杆柱}}$ 、 $v_{\text{杆}}$ 、 $v_{\text{地柱}}$ 三者的关系如图所示。由此可知 $v_{\text{杆}} = v_{\text{地柱}} \tan \theta = v_0 \tan \theta$ 。



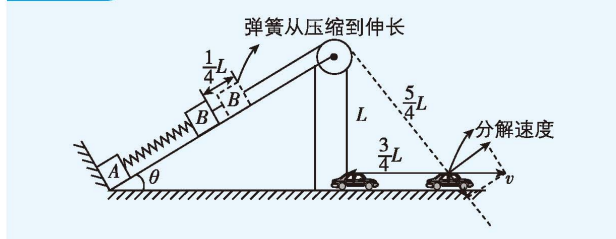
6. C 【解析】由题意可知, 小球 Q 的运动轨迹是以 O 为圆心、 OQ 为半径的圆弧, 速度方向垂直于 OQ 斜向下, 设其速度大小为 v , 该速度在水平方向的分速度大小为 $v \sin \theta$, 即立方体 P 的水平速度大小为 $v \sin \theta$, 则 P 和 Q 的动能之比为 E_{kP} :
- $$E_{kQ} = \frac{1}{2} m v^2 \sin^2 \theta : \frac{1}{2} m v^2 = \sin^2 \theta : 1, \text{A、B、D 错误, C 正确.}$$

方法总结 两个接触物体发生相对滑动时, 两物体实际速度沿接触面法向(与接触面垂直的方向)的分速度一定相等。

7. D 【解析】设物块和小球的速度大小分别为 v_1 和 v_2 , 将物块的速度沿绳方向与垂直于绳方向分解, 有 $v_1 = v_2 \cos \theta$, 故当 $\theta = 90^\circ$ 时, 物块的速率为零, 可知小球到达虚线位置之前, 物块向下先做加速运动后做减速运动, 轻绳的拉力先小于 mg 后大于 mg , 当 $\theta = 90^\circ$ 时, 物块处于超重状态, 故 A、B 错误, D 正确; 小球到达虚线位置之前, 只有轻绳对小球做功且一直做正功, 根据动能定理可知, 小球的速度一直增大, 小球一直向右做加速运动, 故 C 错误。

8. D

思路导引



【解析】设弹簧劲度系数为 k , 开始时弹簧被压缩 $\Delta x = \frac{mg \sin \theta}{k}$, 当小车缓慢向右运动 $\frac{3}{4} L$ 时 A 恰好不离开挡板, 分析可知此时弹簧伸长了 $\Delta x = \frac{mg \sin \theta}{k}$, 由几何关系有 $2\Delta x = \sqrt{L^2 + \left(\frac{3L}{4}\right)^2} - L = \frac{L}{4}$, 解得 $k = \frac{24mg}{5L}$, A 错误; 在小车缓慢向右运动 $\frac{3}{4} L$ 的过程中, 弹簧弹性势能不变, 则绳的拉力对物块 B 做功等于 B 重力势能的增加量, 即 $W_F = mg \sin \theta \cdot 2\Delta x = \frac{3}{20} mgL$,

关键点: 缓慢运动过程, 可以看作 B 的速度为零

B 错误; 若小车以 $2\sqrt{gL}$ 的速度向右匀速运动, 位移大小为 $\frac{3}{4} L$ 时, 轻绳与水平方向夹角为 53° , 则此时物块 B 的速率为 $v_B = v_{\text{车}} \cos 53^\circ = \frac{6}{5} \sqrt{gL}$, 绳的拉力对物块 B 做的功为 $W'_F = mg \sin \theta \cdot 2\Delta x + \frac{1}{2} m v_B^2 = \frac{87}{100} mgL$, C 错误, D 正确。

$$9. (1) \frac{(2+2\sqrt{2})m_1 R}{2m_1 + m_2} \quad (2) \frac{2\sqrt{2}+1}{2}$$

【解析】(1) 设小球 1 到达最低点 B 时小球 1、2 的速度大小分别为 v_1 、 v_2 , 由运动的合成与分解得 $v_1 \cos 45^\circ = v_2$,

对整体, 由功能关系得 $m_1 g R - m_2 g h = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$,

其中 $h = \sqrt{2} R \sin 30^\circ$,

设细绳断开后小球 2 沿斜面上升的距离为 s' , 对小球 2, 由机械能守恒定律得 $m_2 g s' \sin 30^\circ = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$,

关键点: 绳断后, 小球 2 还有沿斜面向上的速度, 动能转化为重力势能

小球 2 沿斜面上升的最大距离 $s = \sqrt{2} R + s'$,

联立解得 $s = \frac{(2+2\sqrt{2})m_1 R}{2m_1 + m_2}$.

(2) 绳断后, 对小球 1, 由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = m_1 g \frac{R}{2}$,

结合(1)问分析可得 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{2\sqrt{2}+1}{2}$.

第 2 节 平抛运动

课时 1 平抛运动的基本规律

基础

1. A 【解析】在小铁球运动的过程中, 墙面上形成了一个竖直向下运动的阴影, 阴影的运动与小铁球在竖直方向的分运动具有相同的运动情况, 由于小铁球做平抛运动, 竖直方向做自由落体运动, 所以阴影做自由落体运动. 故选 A.
2. D 【解析】抛出点到箱子的侧面开口处的竖直高度 $h = 1.80 \text{ m} - 1.35 \text{ m} = 0.45 \text{ m}$, 小球在竖直方向做自由落体运动, 由 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.3 \text{ s}$, 则抛出点到箱子的侧面开口处的水平距离 $x = v_0 t = 6 \times 0.3 \text{ m} = 1.8 \text{ m}$, 故选 D.

3. D

思路导引 1. 明确运动性质: 水平方向做匀速直线运动, 竖直方向做自由落体运动。

2. 分析轨迹特点: 两石块都经过 O 点, 说明 O 点是两轨迹的交点。

3. 比较初始条件: N 点比 M 点高, 即 $h_N > h_M$, 加速度均为 g 。

4. 运动时间: 由竖直高度决定, 即 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 高度越高, 飞行时间越长。

5. 初速度: 通过水平位移和时间关系分析, $x = v_0 t$ 。

6. 落地时竖直方向的分速度: 由下落高度决定, 高度越高, 落地时竖直分速度越大, $v_y = \sqrt{2gh}$ 。

【解析】两个小石块抛出后均做平抛运动, 加速度均为重力加速度, 故 A 错误; 在竖直方向, 根据 $h = \frac{1}{2} g t^2$ 可得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$,

由 $h_M < h_N$ 可知在 M 点抛出的小石块飞行时间更短, 故 C 错误; 由题图可知, 在 N 点抛出的小石块水平位移更小, 根据 $x = v_0 t$, 结合在 N 点抛出的小石块飞行时间更长, 可知在 N 点抛出的小石块初速度更小, 故 B 错误; 落地时小石块竖直方向的速度大小 $v_y = gt$, 则在 N 点抛出的小石块落地时竖直方向的分速度更大, 故 D 正确。

高中必刷题 物理

4. AC 【解析】两球做平抛运动,根据竖直方向的运动规律有

$$h = \frac{1}{2}gt^2, \text{甲、乙从抛出到落地的高度相等,则运动时间相等,}$$

A 正确;平抛运动速度的反向延长线经过水平位移的中点,故乙运动到 E 点时速度的反向延长线不可能经过 O 点,乙运

动到 D 点时速度的反向延长线经过 O 点, **B 错误, C 正确**;根据平抛运动规律有 $h = \frac{1}{2}gt^2, x = vt$, 根据水平位移关系可知

$$\frac{v_{\text{甲}}}{v_{\text{乙}}} = \frac{1}{2}, \text{D 错误.}$$

刷易错

★易错点 类平抛问题中的运动分解

5. B 【解析】对小球受力分析,受到重力和斜面的支持力,根据牛顿第二定律,可得 $mg \sin 30^\circ = ma$, 解得 $a = 5 \text{ m/s}^2$, 方向平行于 BC 沿斜面向下;小球从 B 到 D 做类平抛运动,水平

方向有 $L = v_0 t$, 平行于 BC 沿斜面向下方向有 $L = \frac{1}{2}at^2$, 联立

解得 $t = 1 \text{ s}, v_0 = 2.5 \text{ m/s}$, 故 **A 错误, B 正确**;小球在 D 点沿 AD 方向有 $v_y = at = 5 \text{ m/s}$, 小球到达 D 点时的速度大小为 $v_D =$

$$\sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \frac{5\sqrt{5}}{2} \text{ m/s}, \text{故 C 错误;小球速度变化量的大小为 } \Delta v =$$

$$v_y = 5 \text{ m/s}, \text{故 D 错误.}$$

关键点拨 初速度方向和合外力方向垂直,且在运动过程中合外力保持恒定时的运动,可以用平抛运动的相关规律来解决。

易错分析 本题中小球所受的合外力与初速度方向垂直,且为恒力,可看作类平抛运动,故可利用平抛运动规律进行分析,即将小球在斜面上的曲线运动分解为水平方向的匀速直线运动和平行于 BC 沿斜面向下的初速度为零的匀加速直线运动。

刷提升

1. B 【解析】由题意知, $A、B$ 两点间的竖直高度为 $h_{AB} = \frac{1}{2}gt_2^2 -$

$$\frac{1}{2}gt_1^2 = 15 \text{ m}, A、B \text{ 两点间的水平距离为 } x_{AB} = \frac{h_{AB}}{\tan \theta} = 10 \text{ m}, \text{则}$$

物体的水平分速度大小为 $v_x = \frac{x_{AB}}{t_2 - t_1} = 10 \text{ m/s}$, 物体在 B 点处

速度与水平方向的夹角正切值为 $\tan \beta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt_2}{v_x} = 2$, 故 **B**

正确.

2. BC 【解析】根据 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 可知, 飞镖 a 在空中运动的时间最

长, 飞镖 c 在空中运动的时间最短, **A 错误**; 根据 $v_0 = \frac{x}{t}$, 由于

三支飞镖水平位移相同, 飞镖 c 在空中运动的时间最短, 则

飞镖 c 投出的初速度最大, 故 **B 正确**; 三支飞镖镖身的方向

是速度的方向, 根据平抛运动推论可知, 其延长线应该经过

水平位移的中点, 则应该交于同一点, **C 正确**; 飞镖平抛运动

速度变化量方向均为竖直向下, 故相同, **D 错误.**

3. C 【解析】平抛运动在竖直方向上为自由落体运动, 根据

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \text{ 可知运动员在 } OA \text{ 与 } AB \text{ 两过程运动的时间相等, 由}$$

题图可知运动员从 O 到 A 的水平位移大于从 A 到 B 的水平位移, 根据水平方向上为匀速直线运动可知 $v_0 > v_A$, 故 **A 错**

误, C 正确; 若增大 v_0 , 则运动员从 O 到 A 的时间变短, 根据

$$h_{OA} = \frac{1}{2}gt^2 \text{ 可知 } h_{OA} \text{ 减小, 故 B 错误; 根据平抛运动规律可知}$$

运动员在 OA 与 AB 两过程运动的加速度相同, 都为重力加速度, 故 **D 错误.**

4. C 【解析】根据平抛运动规律有 $h = \frac{1}{2}gt^2, l = v_0 t$, 解得 $v_0 =$

$$l\sqrt{\frac{g}{2h}}, \text{故 A 错误; 石块第一次与水面接触前在竖直方向做}$$

自由落体运动, 有 $v_y^2 = 2gh$, 石块第二次与水面接触后竖直方

向的速度大小为 $v_{y2} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 v_y = \frac{1}{4}v_y$, 竖直方向做竖直上抛

运动, 根据 $0 - v_{y2}^2 = -2gh_2$, 解得石块第二次与水面接触后上升

的高度为 $h_2 = \frac{1}{16}h$, 故 **B 错误**; 石块从与水面第一次接触到第

$$\text{二次与水面接触所用时间为 } t_1 = 2 \times \frac{\frac{v_y}{4}}{g} = \frac{v_y}{2g} = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \text{石块从}$$

与水面第一次接触到第二次与水面接触水平方向的位移大小

为 $x_1 = v_0 t_1 = l$, 故 **C 正确**; 石块接触水面时速度方向与水面的

夹角的正切值为 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0}$, 因为水平方向速度不变, 竖直

方向速度变小, 所以石块每次接触水面时速度方向与水面的

夹角变小, 故 **D 错误.**

刷素养

5. A 【解析】取任意时刻作图, 如图所示, 根

据相似三角形有 $\frac{Y}{y} = \frac{L}{x}$, 即 $Y = \frac{y}{x}L =$

$$\frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} L = \frac{gL}{2v_0}, \text{故小球在毛玻璃上的投影点}$$

做匀速运动, 小球在第二、三个投影点之间的距离也为 0.05 m ,

C、D 错误; $v_{\text{投}} = \frac{gL}{2v_0} = \frac{s}{f}$, 解得 $v_0 = 4 \text{ m/s}$, **A 正确**; 平抛运动是

匀加速曲线运动, 加速度不变, 故小球做平抛运动过程中, 在

相等时间内的速度变化量相等, **B 错误.**

课时2 平抛运动的综合应用(平抛运动与斜面、曲面相结合问题)

刷基础

1. BD 【解析】 A 球落在斜面上时有 $\tan \theta_1 = \frac{x_A}{y_A} = \frac{v_1 t_1}{\frac{1}{2}gt_1^2} = \frac{2v_1}{gt_1}, B$

球垂直打在斜面上, 则有 $\tan \theta_2 = \frac{v_2}{v_{By}} = \frac{v_2}{gt_2}$, 由题意可知 $\theta_1 =$

$\theta_2 = \theta$, 又 $x_A = v_1 t_1 = x_B = v_2 t_2$, 联立可得 $t_1 = \sqrt{2}t_2, v_2 = \sqrt{2}v_1$, **B、D**

正确.

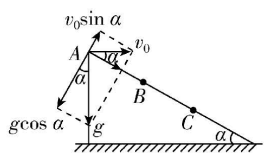
2. B 【解析】已知 $AB = BC$, 根据几

何关系可知竖直位移 $h_B : h_C = 1 :$

2, 水平位移 $x_B : x_C = 1 : 2$, 根据 $t =$

$$\sqrt{\frac{2h}{g}} \propto \sqrt{h}, \text{可得两次小球做平抛}$$

运动的时间之比为 $t_B : t_C = 1 : \sqrt{2}$, 根据 $v_0 = \frac{x}{t}$, 可得初速度



大小之比为 $v_{OB} : v_{OC} = 1 : \sqrt{2}$, 故 **A 错误, B 正确**; 小球击中斜面时速度与水平方向的夹角满足 $\tan \theta = \frac{gt}{v_0}$, 则 $\frac{\tan \theta_B}{\tan \theta_C} = 1$, 所以 $\theta_B : \theta_C = 1 : 1$, 故 **C 错误**; 如图所示, 将 v_0 、 g 分解到垂直于斜面与沿斜面方向, 小球离斜面最远的时候, 垂直于斜面的分速度减为 0, 则有 $(v_0 \sin \alpha)^2 = 2g \cos \alpha \cdot d$, 得小球离斜面最远的距离为 $d = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g \cos \alpha} \propto v_0^2$, 得 $d_B : d_C = 1 : 2$, 故 **D 错误**.

3. C 【解析】 小球抛出后做平抛运动, 垂直打在 C 点时, 速度方向的反向延长线过 O 点, 且交于水平位移的中点, 如图所示. 由几何关系可知抛出点一定在 b 点. 故选 C.

4. C 【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 $x = v_0 t$, $6 \text{ m} - y = \frac{1}{2} g t^2$, 又因为 $y = x^2$, 由以上三式解得 $x = 1 \text{ m}$, $y = 1 \text{ m}$, **C 正确**.

刷易错

★易错点 易忽略物体在圆周上做平抛运动的对称性

5. D 【解析】 根据题意可知小球下落的高度 $h = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.4^2 \text{ m} = 0.8 \text{ m}$, 平抛运动轨迹如图所示, 若小球落在左边圆弧上, 根据几何关系有 $R^2 = h^2 + (R - x_1)^2$, 解得水平位移大小 $x_1 = 0.4 \text{ m}$, 初速度大小 $v_0 = \frac{x_1}{t} = \frac{0.4}{0.4} \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}$; 若小球落在右边圆弧上, 根据几何关系有 $R^2 = h^2 + (x_2 - R)^2$, 解得水平位移大小 $x_2 = 1.6 \text{ m}$, 初速度大小 $v'_0 = \frac{x_2}{t} = \frac{1.6}{0.4} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$, **D 正确, A、B、C 错误**.

易错分析 小球做平抛运动, 可能落在左边圆弧, 也可能落在右边圆弧, 因此需要分情况分析, 充分考虑圆弧的对称性与平抛运动的特点.

刷提升

1. A 【解析】 两小球均做平抛运动, 设半球形碗的半径为 R , 则落在 P 点有 $R = v_1 t_1$, $R = \frac{1}{2} g t_1^2$, 落在 M 点有 $R + R \sin 37^\circ = v_2 t_2$, $R \cos 37^\circ = \frac{1}{2} g t_2^2$, 联立解得 $v_1 = \sqrt{\frac{gR}{2}}$, $v_2 = \sqrt{\frac{8gR}{5}}$, 可得 $v_1 : v_2 = \sqrt{5} : 4$. **A 正确**.

2. BC 【解析】 设小球从 A 点到 P 点的运动时间为 t , 小球平抛运动轨迹恰好与半圆柱体相切于 P 点, 由几何关系可知速度与竖直方向的夹角为 $\theta = 60^\circ$, 则速度与水平方向的夹角为 30° , 将小球在 P 点的速度分别沿水平方向和竖直方向分解, 可得 $\frac{v_0}{gt} = \tan \theta$, 解得 $t = \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ s}$, 故 **A 错误, B 正确**; 小球做平抛运动的水平位移大小、竖直位移大小分别为 $x = v_0 t$, $y = \frac{1}{2} g t^2$, 由几何关系可得 $R \cos \theta + R = x$, $R \sin \theta + y = h$, 联立解得 $R = \frac{20\sqrt{3}}{9} \text{ m}$, $h = 5 \text{ m}$, 故 **C 正确, D 错误**.

3. BD 【解析】 根据 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 可得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 可知当落到两个斜坡间的最低点时, 石子在空中运动的时间最长, 为 $t_{\max} = \sqrt{\frac{16}{10}} \text{ s}$, 此时抛出速度大小为 $v_0 = \frac{x}{t_{\max}} = \frac{6}{\sqrt{\frac{16}{10}}} \text{ m/s} = \frac{3\sqrt{10}}{2} \text{ m/s}$, 故 **A 错误**. 因为速度方向与水平方向的夹角的正切值是位移与水平方向夹角的正切值的 2 倍, 若石子落在左边斜坡上, 石子落到左边斜坡不同位置的位移方向相同, 则速度方向均相同, 即石子落点的速度方向与落点位置无关; 若石子落在右边斜坡上, 石子落到右边斜坡不同位置的位移方向不同, 则速度方向不同, 即石子落点的速度方向与落点位置有关, 故 **B 正确, C 错误**. 若石子垂直落到对面斜坡, 根据几何关系可知, 速度方向与水平方向的夹角为 45° , 可得 $\tan 45^\circ = \frac{gt}{v'_0}$, 根据几何关系可得 $v'_0 t - 6 \text{ m} = 8 \text{ m} - \frac{1}{2} g t^2$, 联立解得 $t = \frac{\sqrt{210}}{15} \text{ s}$, 故 **D 正确**.

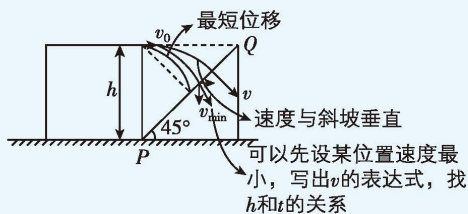
4. ABD 【解析】 设斜面倾角为 β , 根据平抛运动规律有 $\tan \beta = \frac{\frac{1}{2} g t^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$, 解得 $t = \frac{2v_0 \tan \beta}{g}$, 可知总时间与速度 v_0 成正比, 故 **A 正确**; 小球在竖直方向做自由落体运动, 根据匀变速直线运动推论可知, 在连续相等的时间间隔内, 竖直方向上的位移之差相等, 故 **B 正确**; 假设小球运动到空中的 A 点, 轨迹如图所示, 由几何关系可知, 空中任意位置相对抛出点的位移与该点速度的夹角 $\theta = \alpha - \varphi$, 有 $\tan \theta = \tan (\alpha - \varphi) = \frac{\tan \alpha - \tan \varphi}{1 + \tan \alpha \tan \varphi}$, 根据平抛运动推论有 $\tan \alpha = 2 \tan \varphi$, 联立可得 $\tan \theta = \frac{\tan \varphi}{1 + 2 \tan^2 \varphi}$, 可知 $\tan \theta$ 随着 φ 的改变而改变, 故 **C 错误**;

突破点: 根据平抛运动的推论列出角度关系

小球落到斜面上时位移偏转角始终等于 β , 根据平抛运动规律可知, 速度偏转角的正切值始终等于位移偏转角正切值的 2 倍, 可知速度偏转角不变, 故仅改变小球抛出时的速度大小, 小球落在斜面上的速度方向不变, 故 **D 正确**.

5. BD

思路导引



【解析】 若运动员以最短位移落到斜坡上, 则其位移垂直 PQ, 根据几何关系可知, 此种情况下运动员下落的高度为 $\frac{h}{2}$, 则有 $\frac{h}{2} = \frac{1}{2} g t^2$, 解得运动员在空中下落时间为 $t = \sqrt{\frac{h}{g}}$, 故 **A 错误**; 若运动员落到斜坡上时速度与斜坡垂直, 则有 $\frac{v_y}{v_0} =$

$\tan 45^\circ, v_y = gt_1$, 根据几何关系有 $\frac{v_0 t_1}{\left(h - \frac{1}{2} g t_1^2\right)} = \tan 45^\circ$, 联立解

得 $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{3g}}$, 故 **B 正确**; 设运动员落到斜坡上某位置时速度最小, 所用时间为 t_2 , 最小速度为 v , 则在水平方向有 $x = v_0 t_2$, 竖直方向有 $y = \frac{1}{2} g t_2^2$, 根据几何关系有 $\frac{x}{h-y} = \tan 45^\circ$, 而该运动员落在斜坡上时的速度 $v = \sqrt{v_0^2 + (gt_2)^2}$, 联立以上各式可得 $v^2 = \left(\frac{h}{t_2}\right)^2 + \frac{5}{4} (gt_2)^2 - gh$, 整理可得 $v^2 = \left(\frac{h}{t_2} - \frac{\sqrt{5}}{2} g t_2\right)^2 + (\sqrt{5}-1)gh$, 可知, 当 $\frac{h}{t_2} = \frac{\sqrt{5}}{2} g t_2$, 即 $t_2 = \sqrt{\frac{2\sqrt{5}h}{5g}}$ 时速度有最小值, 最小值为 $v_{\min} = \sqrt{(\sqrt{5}-1)gh}$, 故 **C 错误, D 正确**.

第3节 科学探究: 平抛运动的特点

刷基础

1. (1) BC (2) 见解析

【解析】(1) 甲实验中, B 球沿水平方向抛出, 同时 A 球被释放自由下落, A 、 B 两球同时落地, 可知平抛运动在竖直方向上为自由落体运动, 不能得出水平方向上的运动规律, 故 **A 错误, B 正确**; 乙实验中, 做平抛运动的小球 C 总是能击中下面以同一初速度做匀速直线运动的小球 D , 说明在水平方向上两小球的运动情况相同. 即平抛运动在水平方向的分运动是匀速直线运动, 但不能说明其竖直方向的运动, 故 **C 正确, D 错误**.

(2) 在题中乙图中, 让两小球从相同的弧形轨道上相同位置由静止滚下, 可以保证两小球具有相同的速度.

2. (1) 每次将小球放在同一位置由静止释放 (2) 215.0

(3) $\frac{\tan \theta}{\cos \theta}$ (4) $\sqrt{\frac{kg}{2}}$ (5) AB

【解析】(1) 要使每次实验小球飞出速度不变, 只需每次将小球放在同一位置由静止释放即可.

(2) 刻度尺的分度值为 1 mm, 故其读数为 215.0 mm.

易错点: O 点刻度不为 0.0 mm

(3) 根据平抛运动规律可得 $L \cos \theta = v_0 t$, $L \sin \theta = \frac{1}{2} g t^2$, 整理

可得 $L = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \frac{\tan \theta}{\cos \theta}$, 因此为了使图像成一直线, 题图丙的横坐标应为 $\frac{\tan \theta}{\cos \theta}$.

(4) 根据上述分析可知, 图线的斜率 $k = \frac{2v_0^2}{g}$, 解得 $v_0 = \sqrt{\frac{kg}{2}}$.

(5) 同样条件下, 小球的密度越大, 平抛时受到空气的阻力的影响越小, 小球的运动就越接近平抛运动的要求, 故 **A 正确**; 轨道的末端必须水平, 才能确保小球抛出时速度沿水平方向, 故 **B 正确**; 本实验主要探究小球抛出后的运动, 轨道的粗糙程度对实验没有影响, 故 **C 错误**.

3. (1) BC (2) C (3) $2\sqrt{2gL}$

【解析】(1) 为了获得相同的平抛初速度, 需要每次从斜槽上相同的位置无初速度释放钢球, 但斜槽轨道不需要光滑, 故 **A 错误, C 正确**; 为保证钢球飞出时速度沿水平方向, 所以斜槽轨道末端需要水平, 故 **B 正确**; 移动挡板只要能记录下钢球在不同高度时的不同位置即可, 不需要等间距下移, 故 **D 错误**.

(2) 因为平抛运动在竖直方向上为自由落体运动, 钢球下落的速度越来越大, 则下落相等位移的时间越来越短, 水平方向上做匀速直线运动, 所以 $x_2 - x_1 > x_3 - x_2$, 故选 **C**.

(3) 由题图 3 可知, O 到 A 的水平位移等于 A 到 B 的水平位移, 都为 $4L$, 说明这两段过程所用的时间相等, 设为 T ; 在竖直方向 O 到 A 的位移大小为 $3L$, A 到 B 的位移大小为 $5L$, 则

在竖直方向有 $5L - 3L = gT^2$, 解得 $T = \sqrt{\frac{2L}{g}}$, 在水平方向有 $4L = v_0 T$, 解得 $v_0 = 2\sqrt{2gL}$.

4. (1) AB (2) 1.0 (3) 偏小

【解析】(1) 要保证小球做平抛运动, 书桌要调整水平, **A 正确**; 由于要记录小球的运动轨迹, 必须重复多次才能画出几个点, 因此为了保证每次平抛的轨迹相同, 要求小球每次从同一高度由静止释放, **B 正确**; 本实验测量小球轨迹即可, 无需测量时间, **C 错误**; 案板必须竖直放置, 以防止打到案板上相邻的点之间的水平位移不同, **D 错误**.

(2) 小球竖直方向做自由落体运动, 有 $\Delta h = gT^2$, 可得 $T = \sqrt{\frac{h_{BC} - h_{AB}}{g}} = 0.1 \text{ s}$, 水平方向做匀速直线运动, 则初速度 $v_0 = \frac{x}{T} = 1.0 \text{ m/s}$.

(3) 若案板没有竖直, 向右倾斜一较小角度, 则测得的 A 点位置偏下, h_{AB} 偏小, 则 T 偏大, 根据 $v_0 = \frac{x}{T}$ 可知, 初速度的测量值偏小.

第4节 生活中的抛体运动

刷基础

1. **AD** 【解析】斜抛运动的初速度与重力方向不共线, 故轨迹是曲线, 故 **A 正确, B 错误**; 斜抛运动是将物体以与水平方向成一定角度 (不为 0° 和 90°) 的初速度抛出, 仅在重力作用下的运动, 故 **C 错误**; 做斜抛运动的物体只受重力, 加速度恒定, 故 **D 正确**.

2. **BD** 【解析】将小球由 A 运动到 B 的过程看成逆向做平抛运动, 竖直方向根据 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 由于下落高度相同, 则小球由 A 运动到 B 和由 B 运动到 C 所用时间相等, 故 **D 正确**; 小球由

A 运动到 B 过程, 水平方向有 $l = v_0 \cos \theta \cdot t = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 t$, 小球由 B

运动到 C 过程, 水平方向有 $\frac{l}{2} = v' t$, 可得 $v' : v_0 = \sqrt{2} : 4$, 故 **A**

错误, B 正确; 小球由 A 运动到 B 过程, 竖直方向有 $OB = \frac{v_0 \sin \theta}{2} t = \frac{\sqrt{2}}{4} v_0 t$, 联立可得 $OB = \frac{l}{2}$, 故 **C 错误**.

方法总结 斜上抛运动的对称性

- (1) 轨迹对称: 轨迹关于过最高点的竖直线对称;
- (2) 速度对称: 关于过轨迹最高点的竖直线对称的两点的速度大小相等;
- (3) 时间对称: 关于过轨迹最高点的竖直线对称的两段过程, 上升时间等于下降时间.

3. **A** 【解析】应用逆向思维, 把篮球的运动逆向看作平抛运

动, 由于竖直高度不变, 根据 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 解得篮球运动到抛射

关键点: 篮球垂直击中篮板, 竖直方向末速度为零

点的时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 抛射点水平移动后 t 不变, 水平方向有 $x = v_x t$, 由于水平位移 x 增大, 则 v_x 增大, 竖直分速度 $v_y = gt = \sqrt{2gh}$ 不变, 抛射速度 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ 增大, 与水平方向的夹角的正切值为 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$, 可知抛射角度减小, 故选 A.

教材变式 本题由教材 P54 第 4 题演变而来, 教材以网球在不同位置击出后垂直撞在墙上的同一点为情境, 考查了平抛运动的逆过程. 本题以篮球两次垂直击中篮板同一位置为情境, 同样考查平抛运动的逆过程.

4. A 【解析】将铅球的运动沿初速度与末速度方向分解, 设重力与 v_1 的夹角为 θ , 沿 v_0 方向有 $x_1 = v_0 t - \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2 = \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2$, 沿 v_1 方向有 $x_2 = \frac{1}{2} g \cos \theta \cdot t^2$, 由几何关系有

→ **关键点:** 沿 v_0 方向的末速度为零

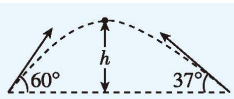
$x_1^2 + x_2^2 = L_{AB}^2$, 代入数据解得 $t = 0.6 \text{ s}$, $\theta = 30^\circ$, A 正确; 铅球在 B

→ **关键点:** $v_0 = g \sin \theta \cdot t$

点的速度大小 $v_1 = g \cos \theta \cdot t = 3\sqrt{3} \text{ m/s}$, B 错误; 铅球在竖直方向上的速度减为 0 时, 上升的高度最大, 根据几何关系可知, 初速度方向与竖直方向的夹角为 $90^\circ - \theta = 60^\circ$, 有 $(v_0 \cos 60^\circ)^2 = 2gh_{\max}$, 解得 $h_{\max} = \frac{9}{80} \text{ m}$, C 错误; 由 $h_{AB} = v_0 \cos 60^\circ \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 = -0.9 \text{ m}$, 即 A、B 两点的高度差为 0.9 m, D 错误.

5. BC

思路导引 解答本题的关键是能从实际情境中提取信息, 转化为物理模型. 两条水柱的运动示意图如图所示, 两条水柱上升的竖直高度相同.



【解析】 不计空气阻力, 水柱做斜上抛运动, 上升到最高点的过程可看成逆向的平抛运动, 由题意可知, 两水柱的竖直高度相同, 由 $2gh = v_y^2$, 可知两水柱射出时在竖直方向上的分速度大小相等, 又因为 $v = \frac{v_y}{\sin \theta}$, 所以左右两条水柱射出时的速度大小的比值为 $\frac{v_{\text{左}}}{v_{\text{右}}} = \frac{\sin 37^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{5}$, 故 C 正确, D 错误; 水柱射出时水平方向的分速度大小为 $v_x = v \cos \theta$, 所以左右两条水柱射出时水平分速度大小之比为 $\frac{v_{\text{左}x}}{v_{\text{右}x}} = \frac{v_{\text{左}} \cos 60^\circ}{v_{\text{右}} \cos 37^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{4}$, 故 A 错误; 由于水柱斜上抛到最高点的时间相等, 所以左右两条水柱相遇时水平位移大小之比为 $\frac{x_{\text{左}}}{x_{\text{右}}} = \frac{v_{\text{左}x}}{v_{\text{右}x}} = \frac{\sqrt{3}}{4}$, 故 B 正确.

专题 5 抛体运动的相遇问题、临界问题

刷题型

1. A 【解析】因为两小球从同一高度抛出落到同一点, 下落高度相同, 根据 $h = \frac{1}{2} g t^2$ 可知, 两小球运动时间 t 相等; 小球 P 垂直打在斜面上, 根据几何关系有 $\tan \theta = \frac{v_1}{gt}$, 对于小球 Q 落在斜面上时, 根据几何关系有 $\tan \theta = \frac{\frac{1}{2} g t^2}{v_2 t} = \frac{gt}{2v_2}$, 联立可得

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{2 \tan^2 \theta}{1} = \frac{9}{8}, \text{ 故选 A.}$$

2. D 【解析】两个小球都做平抛运动, A 球运动至台阶 2 右端正上方时, B 球从台阶 2 的右端水平抛出, 经过一段时间后两球在台阶 3 的右端相遇, 此过程两球在水平方向上做匀速直线运动, x 和 t 都相等, 则 v_0 相等, A 错误; 两小球水平抛出的速度相同, 水平方向的位移之比为 2:1, 则两个小球在空中运动的总时间之比为 2:1, 根据 $v_y = gt$ 可知, 相遇时两球竖直

→ **突破点:** 初速度相同, 根据台阶等宽判断出时间关系

方向的速度之比为 2:1, 合速度之比一定不等于 2:1, B 错误; 由 $h = \frac{1}{2} g t^2$ 得台阶 1、3 的高度差与台阶 2、3 的高度差之比为 $\frac{h_{13}}{h_{23}} = \frac{2^2}{1} = \frac{4}{1}$, 故台阶 1、2 的高度差与台阶 2、3 的高度差之比为 $\frac{h_{12}}{h_{23}} = \frac{3}{1}$, C 错误; 设从 B 球抛出到两球相遇所经历的时间为 t , 则从 A 球抛出到两球相遇所经历的时间为 $2t$, 对 A 球, 有 $\tan \alpha_1 = \frac{g \cdot 2t}{v_0}$, 对 B 球, 有 $\tan \alpha_2 = \frac{gt}{v_0}$, 则 $\tan \alpha_1 = 2 \tan \alpha_2$, D 正确.

3. AC

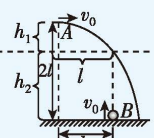
思路导引 平抛的炸弹和斜抛的拦截炮弹同时发射, 相遇时两弹的运动时间一定相等, 在 M、N 连线中点正上方相遇, 则水平位移大小相等, 水平方向速度大小相等.

【解析】 因为两弹恰在 M、N 连线的中点正上方相遇, 说明它们的水平位移大小相等, 因为运动时间相等, 故它们在水平方向的速度大小相等, 设拦截炮弹的发射速度与水平地面的夹角为 θ , 则有 $v_2 \cos \theta = v_1$, 所以 $v_2 > v_1$, 故 A 正确, B 错误; 两弹都只受重力作用, 都做匀变速运动, 加速度相同, 所以拦截炮弹相对炸弹做匀速直线运动, 故 C 正确; 根据题意只能求出两弹运动时间相同, 水平速度大小相等, 拦截炮弹竖直速度越大, 相遇点离地面越高, 故不能判断两弹相遇点距离地面的高度, 故 D 错误.

$$4. (1) \sqrt{2gl} \quad (2) \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}$$

题图剖析

解题时需要抓住竖直方向上的位移大小之和等于 $2l$, 求出掷飞镖和放气球两个动作之间的时间间隔 Δt . 位移大小关系如图所示.



【解析】 (1) 飞镖被投掷后做平抛运动, 从掷出飞镖到击中气球, 经过时间 $t_1 = \frac{l}{v_0} = \sqrt{\frac{l}{g}}$,

此时飞镖在竖直方向上的分速度 $v_y = gt_1 = \sqrt{gl}$, 故此时飞镖的速度大小 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{2gl}$.

(2) 飞镖从掷出到击中气球过程中, 下降的高度

$$h_1 = \frac{1}{2} g t_1^2 = \frac{l}{2},$$

气球从被释放到被击中过程中上升的高度 $h_2 = 2l - h_1 = \frac{3l}{2}$,

→ **关键点:** 飞镖和气球竖直方向的位移大小之和为 $2l$

$$\text{气球上升的时间 } t_2 = \frac{h_2}{v_0} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{l}{g}},$$

高中必刷题 物理

可见 $t_2 > t_1$, 所以应先释放气球, 释放气球与掷飞镖之间的时间间隔 $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}$.

- 5. AD** 【解析】排球做平抛运动, 水平方向上做匀速直线运动, 水平位移大小为 s 和 $\frac{3s}{2}$, 所用时间之比为 $2:3$, 竖直方向上, 根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 则有 $\frac{h_1 - h_2}{h_1} = \frac{4}{9}$, 解得 $h_1 = 1.8h_2$, 故 **A 正确**. 若保持击球高度不变, 要想球落在对方界内, 则球既不能出界, 又不能触网, 根据 $h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2$ 得 $t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$, 则平抛运动的最

→ **关键点:** 排球压线算界内

大初速度 $v_{01} = \frac{2s}{t_1} = \frac{s}{h_1}\sqrt{2gh_1}$; 根据 $h_1 - h_2 = \frac{1}{2}gt_2^2$ 得 $t_2 = \sqrt{\frac{2(h_1 - h_2)}{g}}$, 则平抛运动的最小初速度 $v_{02} = \frac{s}{t_2} = s\sqrt{\frac{g}{2(h_1 - h_2)}} = \frac{3s}{2h_1}\sqrt{\frac{gh_1}{2}} > \frac{s}{h_1}\sqrt{\frac{gh_1}{2}}$, 故 **B 错误**. 任意降低击球高度 (仍大于 h_2), 会有一临界情况, 此时球刚好触网又刚好压界, 若击球高度小于该临界高度, 速度大会出界, 速度小会触网, 所以不是击球高度比网高, 球就一定落在对方界内, 故 **C 错误**. 任意增加击球高度, 只要击球初速度大小合适, 球一定能落到对方界内, 故 **D 正确**.

关键点拨 解答本题的关键是确定临界情况. 如保持击球高度不变, 要想球落在对方界内, 就得要求既不能出界, 又不能触网, 从而确定临界速度, 得到初速度大小的范围, 当降低击球的高度或低于某一高度时, 速度大会出界, 速度小会触网.

- 6. B** 【解析】若石子刚好落在 O 点, 由平抛运动的规律有 $AO\cos 30^\circ = v_0t$, $AO\sin 30^\circ = \frac{1}{2}gt^2$, 解得 $v_0 = 30 \text{ m/s}$, 则若 $v_0 > 30 \text{ m/s}$, 石子一定落入水中, 故 **A 错误**; 若 $v_0 < 30 \text{ m/s}$, 石子一定不能落入水中, 故 **B 正确**; 若石子能落入水中, 则落水时下落高度相同, 竖直分速度一定, 由 $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0}$ 可知, 初速度越大, 落水时速度方向与水面的夹角越小, 故 **C 错误**; 大坝的倾角 θ 等于石子落在大坝上时的位移与水平方向的夹角, 设速度方向与水平方向夹角为 φ , 由平抛运动的推论可知 $\tan \varphi = 2\tan \theta$, 所以石子落到大坝上的速度方向与大坝的夹角不变, 故 **D 错误**.

关键点拨 根据平抛运动的规律得出当石子刚好落到 O 点时抛出的初速度大小. 若初速度大于此速度, 则石子一定落入水中, 若初速度小于此初速度, 则石子落到大坝上. 再结合平抛运动的推论求解即可.

- 7. C** 【解析】已知圆环的高度 $h_1 = 0.8 \text{ m}$, 圆环的半径为 $r_1 = 0.2 \text{ m}$, 圆柱的高度为 $h_2 = 0.35 \text{ m}$, 圆柱的半径为 $r_2 = 0.1 \text{ m}$, 圆环中心到圆柱中心的水平距离为 $x = 2.5 \text{ m}$, 根据自由落体运动规律可得 $h_1 - h_2 = \frac{1}{2}gt^2$, 解得 $t = 0.3 \text{ s}$, 当圆环右侧贴着圆柱右侧落下时, 圆环抛出时的初速度有最小值, 则有 $x - (r_1 - r_2) = v_1t$, 解得 $v_1 = 8 \text{ m/s}$, 当圆环左侧贴着圆柱左侧落下

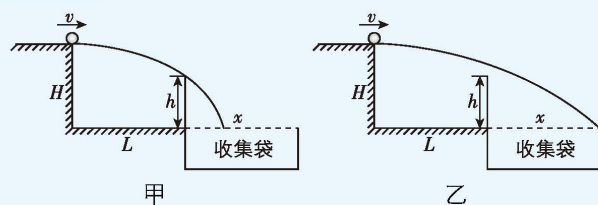
时, 圆环抛出时的初速度有最大值, 则有 $x + (r_1 - r_2) = v_2t$, 解得 $v_2 \approx 8.67 \text{ m/s}$. 要使圆环套住地面上的圆柱, 圆环刚抛出

→ **易错点:** 不要漏掉二者的半径

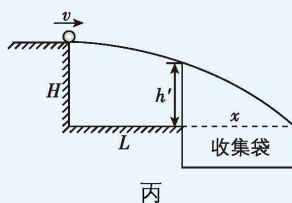
时的速度大小应该满足 $8 \text{ m/s} \leq v \leq 8.67 \text{ m/s}$, 故 **C 正确**.

- 8. (1) $3 \text{ m/s} \leq v < 4 \text{ m/s}$ (2) 0.3375 m**

思路导引 (1) 弹珠落入收集袋的条件, 如图甲、乙所示;



(2) 弹珠无法落入收集袋的临界条件如图丙所示, 为弹珠过网的同时落到收集袋右边缘.



【解析】(1) 如果弹珠从竖直网的顶端刚好通过, 设弹珠弹出的速度大小为 v_1 , 则 $H - h = \frac{1}{2}gt_1^2$, $L = v_1t_1$,

解得 $v_1 = 3 \text{ m/s}$,

若弹珠刚好落到收集袋的右边缘,

设弹珠的弹出速度大小为 v_2 , 则 $H = \frac{1}{2}gt_2^2$, $L + x = v_2t_2$,

解得 $v_2 = 4 \text{ m/s}$,

则若网高 $h = 0.25 \text{ m}$, 弹珠能落入收集袋的弹出速度 v 的取值范围是 $3 \text{ m/s} \leq v < 4 \text{ m/s}$.

→ **易错点:** 弹珠落到收集袋右边缘不算落进收集袋

(2) 设网高为 h' 时, 弹珠刚好从网顶端通过, 恰好落到收集袋的右边缘,

则 $H - h' = \frac{1}{2}gt'^2$, $L = v_2t'$,

→ **关键点:** 此时弹珠速度为 v_2

解得 $h' = 0.3375 \text{ m}$,

所以网高 h 至少为 0.3375 m 时, 无论弹珠弹出水平速度多大, 都无法落入收集袋.

第2~4节综合训练

刷综合

- 1. BD** 【解析】 b 比 a 竖直位移大, 根据 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 可知, a 比 b 飞行的时间短, b 比 c 竖直位移大, 则 b 的飞行时间比 c 长, **A 错误, B 正确**; 根据 $v_0 = \frac{x}{t}$, a 、 b 水平位移相等, a 比 b 飞行的时间短, 则 a 的水平初速度比 b 的大, **C 错误**; 根据 $v_0 = \frac{x}{t}$, b 、 c 水平位移相等, c 比 b 飞行的时间短, 则 c 的水平初速度比 b 的大, **D 正确**.

- 2. AC** 【解析】由平抛运动知识得, 竖直方向的位移 $y = AB\sin 30^\circ = \frac{1}{2}gt^2$, 解得运动员在空中的飞行时间为 $t = 2 \text{ s}$, **A**

正确;水平方向的位移 $x =$

$AB \cos 30^\circ = v_0 t$, 解得运动员从

A 点飞出的速度大小为 $v_0 =$

$10\sqrt{3} \text{ m/s}$, **B 错误**;运动员在 B

点的速度大小为 $v_B = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$, 代入数据可得 $v_B = 10\sqrt{7} \text{ m/s}$,

C 正确;将 v_0 与 g 沿平行斜坡方向与垂直斜坡方向分解, 当

运动员垂直斜坡方向的速度减为零时离斜坡最远, 如图所

示, 则有 $v_1 = v_0 \sin 30^\circ$, $g_1 = g \cos 30^\circ$, 到斜坡的最大距离 $s =$

$\frac{v_1^2}{2g_1} = \frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ m}$, **D 错误**.

一题多解 A 选项: 初、末状态能量

以 B 点所在平面为零势能面,

高度差: $h = AB \sin 30^\circ = 20 \text{ m}$,

初状态: $\frac{1}{2}mv_0^2, mgh$

末状态: $\frac{1}{2}m[v_0^2 + (gt)^2]$,

能量守恒: $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = \frac{1}{2}m[v_0^2 + (gt)^2]$

代入数据得 $t = 2 \text{ s}$. **A 正确**.

3. B 【解析】由于小球 A 做竖直上抛运动、小球 B 做平抛运动, 则小球 A 在水平方向相对于小球 B 做匀速直线运动, 竖直方向也相对于小球 B 做匀速直线运动, 故小球 A 相对小球

关键点: 小球 A、B 加速度相同

B 做匀速直线运动, 故 **A 错误**; 经过时间 t , 两小球间的水平

距离为 $d_x = L - v_2 t$, 竖直距离为 $d_y = v_1 t$, 所以两个小球之间的

距离为 $d = \sqrt{d_x^2 + d_y^2} = \sqrt{125(t-1)^2 + 500} \text{ m}$, 根据数学知识可知,

当 $t = 1 \text{ s}$ 时, 两个小球之间的距离最小, 为 $d_{\min} = 10\sqrt{5} \text{ m}$,

故 **B 正确**; 根据选项 B 可知当 $d = \sqrt{125(t-1)^2 + 500} \text{ m} =$

25 m 时, 解得 $t = 0$ 或 $t = 2 \text{ s}$, 故 **C 错误**; 由前面选项分析可知,

只有小球 A 相对于小球 B 的运动沿水平方向时, 两个小球才能相碰, 所以在两个小球初速度不为 0 的前提下, 通过

调整两个小球初速度大小, 不能使两个小球在空中相遇, 故

D 错误.

4. B 【解析】对物体受力分析可知 $F_{\text{合}} = F - G = \frac{2}{3}G$, 方向竖直

向上, 与初速度方向垂直, 故该物体做类平抛运动, 由牛顿第

二定律可知 $a = \frac{\frac{2}{3}G}{m} = \frac{2g}{3}$, 方向竖直向上, 由 $h = \frac{1}{2}at^2$ 得 $t =$

$\sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{3h}{g}}$, 故 **A 错误**; M 与 N 之间的水平距离 $x = v_0 t =$

$v_0 \sqrt{\frac{3h}{g}}$, 故 **B 正确**; 从 N 点出水后物体做斜上抛运动, 故

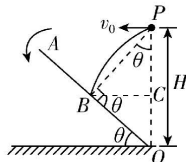
易错点: 不要忘记水平速度

C 错误; 由上述分析可知, 物体在液体中做类平抛运动的时间

与初速度无关, 故 **D 错误**.

5. C 【解析】设平抛运动的时间为 t , 如图所示, 把平抛运动的位移分别沿水平方向

和竖直方向分解, 由几何关系得 $\frac{v_0 t}{\frac{1}{2}gt^2} =$



$\tan \theta$, 解得 $t = \frac{2v_0}{g \tan \theta}$, 根据几何关系有 $H - \frac{1}{2}gt^2 = v_0 t \tan \theta$, 联

立可得 $\frac{1}{\tan^2 \theta} = \frac{gH}{2} \cdot \frac{1}{v_0^2} - 1$, 故 **A 错误**; 由题图乙和 $\frac{1}{\tan^2 \theta} - \frac{1}{v_0^2}$ 函

数关系可得 $a = -1$, 故 **B 错误**; 由题图乙可得 $\frac{1}{\tan^2 \theta} - \frac{1}{v_0^2}$ 函数关

系图像的斜率 $k = -\frac{a}{b} = \frac{gH}{2}$, 又因为 $a = -1$, 若 $b = 1$, 可得 $H =$

0.2 m , 故 **C 正确**; 当 $\theta = 45^\circ$ 时, 若题图乙中 $b = 1$, 则 $H =$

0.2 m , 根据 $\frac{1}{\tan^2 \theta} = \frac{gH}{2} \times \frac{1}{v_0^2} - 1$, 解得 $v_0 = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ m/s}$, 又 $t = \frac{2v_0}{g \tan \theta}$,

解得 $t = \frac{\sqrt{2}}{10} \text{ s}$, 故 **D 错误**.

6. B 【解析】解法一: 战斗机沿水平方向匀速飞行, 先后释放的三颗炸弹在飞行过程中水平分速度与战斗机速度相同, 即水平方向炸弹与战斗机保持相对静止, 因 A、B、C 三点为山坡上等间距的三个点, 则 A、B 和 B、C 之间的水平距离相等, 由于炸弹与战斗机水平方向的速度始终相等, 则 $t_1 = \frac{x_{AB}}{v}$, $t_2 =$

$\frac{x_{BC}}{v}$, 所以 $t_1 = t_2$, 故 **B 正确**, **A、C、D 错误**.

解法二: 战斗机沿水平方向匀速飞行, 先后释放的三颗炸弹在飞行过程中的水平分速度与战斗机速度相同, 即水平方向炸弹与战斗机保持相对静止, 以战斗机为参考系, 炸弹相对战斗机在其正下方做自由落体运动, 三颗炸弹在同一竖直线上, 山坡相对战斗机向左做匀速直线运动, t_A 时刻山坡的 A

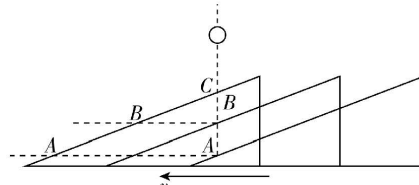
突破点: 转换参考系, 研究山坡的运动

点运动到战斗机正下方, 即炸弹击中 A 点, 同理, t_B 、 t_C 时刻,

山坡的 B、C 点分别运动到战斗机正下方, 炸弹分别击中 B、C

点, $AB = BC$, 可知山坡在 $t_1 = t_B - t_A$ 时间内的位移等于 $t_2 = t_C -$

t_B 时间内的位移, 则 $t_1 = t_2$, 故 **B 正确**, **A、C、D 错误**.



山坡相对战斗机向左匀速运动

7. (1) 自由落体 9.8 (2) 匀速直线 2.0

【解析】(1) 影子在连续相等时间内的位移分别为 $x_1 =$

5.0 cm , $x_2 = (19.8 - 5.0) \text{ cm} = 14.8 \text{ cm}$, $x_3 = (44.3 -$

$19.8) \text{ cm} = 24.5 \text{ cm}$, $x_4 = (78.6 - 44.3) \text{ cm} = 34.3 \text{ cm}$, $T = \frac{1}{f} =$

0.1 s , 所以影子运动的加速度大小 $a = \frac{(x_4 + x_3) - (x_1 + x_2)}{4T^2} =$

9.8 m/s^2 , 加速度约等于重力加速度, 可见, 小球在竖直方向上的运动为自由落体运动.

(2) 各点到 O' 点的距离即小球在对应时间内水平方向上的位移, 分析题中数据可知, 在误差允许范围内, 小球在相等时间内通过的水平位移相同, 则小球在水平方向的运动是匀速

直线运动, 小球在水平方向的速度大小为 $v = \frac{\Delta s}{T} = 2.0 \text{ m/s}$.

8. (1) 0.4 s 3 m/s (2) 3 m (3) 8 分

【解析】(1) 由题意可知, 初速度竖直方向的分速度大小为 $v_y = v_0 \sin 53^\circ = 4 \text{ m/s}$,

沙包从抛出点到最高点的时间,即竖直分速度减小到零的时间,为 $t = \frac{v_y}{g} = 0.4 \text{ s}$,

在最高点的速度为水平分速度,为 $v = v_x = v_0 \cos 53^\circ = 3 \text{ m/s}$.

(2) 设沙包从抛出到落地的时间为 t_1 , 则 $h = -v_y t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2$,

解得 $t_1 = 1 \text{ s}$,

沙包在水平方向做匀速直线运动, 则 $x = v t_1 = 3 \text{ m}$.

(3) 落地后, 沙包的速度为 $v_1 = \frac{1}{3} v = 1 \text{ m/s}$,

此后沙包做匀减速运动, 根据牛顿第二定律有 $\mu mg = ma$, 解得 $a = 2.5 \text{ m/s}^2$,

则匀减速的位移大小为 $x' = \frac{v_1^2}{2a} = 0.2 \text{ m}$,

则沙包从抛出到停止, 水平距离为 $l = x + x' = 3.2 \text{ m} = L + \frac{10}{3} d$,

即沙包停止在从左数第 4 个格内, 所以该同学投沙包得 8 分.

第 2 章素养检测

刷速度

1. B 【解析】做曲线运动的物体, 合力指向运动轨迹凹侧, 速度方向为运动轨迹的切线方向, 由于炮弹上升阶段做减速运动, 可知速度方向与合力方向夹角为钝角, 可知 B 选项符合题意. 故 **B 正确**.

2. A 【解析】由题可知, 乒乓球在两球拍之间做斜上抛运动, 根据斜上抛运动的特点可知, 乒乓球在水平方向的分速度大小保持不变, 竖直方向的分速度是不断变化的, 由于乒乓球击打拍面时速度与拍面垂直, 乒乓球击打甲同学所持球拍时有 $v_x = v_1 \sin \alpha$, 击打乙同学所持球拍时有 $v_x = v_2 \sin \beta$, 则 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$, **A 正确**.

3. C 【解析】当炮艇前进至 O 点时垂直于运动方向向北发射炮弹, 炮弹有平行于河岸和垂直于河岸两个方向的运动, 最后炮弹将命中目标的东方, **A 错误**; 沿垂直于河岸方向发射炮弹时, 炮弹飞行时间最短, 且最短时间为 $t = \frac{d}{v_2}$, **D 错误**; 炮弹在空中飞行时间最短时, 发射点位置到 O 点的距离 $x = v_1 t = \frac{v_1}{v_2} d$, 因此发射点位置到目标的距离 $s = \sqrt{x^2 + d^2} = \frac{d}{v_2} \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$, **B 错误, C 正确**.

4. B 【解析】在 A 位置时, 根据关联速度规律有 $v_{\text{车}} \cos 30^\circ = v_{\text{物}}$, 解得 $v_{\text{车}} = \frac{2\sqrt{3}}{3} v_{\text{物}}$, 故 **A 错误**; 整个过程中物块和小车组成的系统机械能的增加量等于除重力外的其他力做的功, 即 $\Delta E = Pt + W_f = 20 \times 10 \text{ J} - 78 \text{ J} = 122 \text{ J}$, 故 **B 正确**; 小车运动到 A 位置时, 根据能量守恒定律有 $Pt + W_f = mg \left(\frac{h}{\sin 30^\circ} - h \right) \sin 30^\circ + \frac{1}{2} m v_{\text{物}}^2 + \frac{1}{2} M v_{\text{车}}^2$, 结合前面分析, 解得 $v_{\text{车}} = 8 \text{ m/s}$, $v_{\text{物}} = 4\sqrt{3} \text{ m/s}$, 故 **C 错误**; 0~10 s 内, 对物块, 根据动能定理有 $W_{\text{外}} - mg \left(\frac{h}{\sin 30^\circ} - h \right) \sin 30^\circ = \frac{1}{2} m v_{\text{物}}^2$, 结合前面分析, 解得 $W_{\text{外}} = 26 \text{ J}$, 故 **D 错误**.

5. A 【解析】设出口到容器上表面一顶点的水平距离为 x , 则从水流出到到达该顶点时有 $x = v_0 t_1$, $h - \frac{2h}{3} = \frac{1}{2} g t_1^2$, 从水流出到落到下表面对顶点时有 $x + \sqrt{2} a = v_0 t_2$, $h = \frac{1}{2} g t_2^2$, 解得 $v_0 = \frac{\sqrt{2} a}{\sqrt{\frac{2h}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{3g}}}$, 则水管的流量为 $Q = S v_0 = \frac{3aS}{2} \left(\sqrt{\frac{g}{h}} + \sqrt{\frac{g}{3h}} \right)$, 故选 **A**.

6. C 【解析】初始时, 小球 B 静止, 当小球 A 落地时, 小球 A 的速度竖直向下, 沿杆方向的分速度为零, 所以小球 B 的速度也为零, 则小球 B 不可能一直做加速运动, 此过程根据两球组成的系统机械能守恒有 $mgL = \frac{1}{2} m v^2$, 解得 $v = \sqrt{2gL}$, 故 **A、B 错误**; 当轻杆和水平面的夹角为 37° 时, 小球 A 沿杆下滑的高度为 $h = L - L \sin 37^\circ$, 根据系统机械能守恒可得 $mgh = \frac{1}{2} m v_A^2 + \frac{1}{2} m v_B^2$, 根据两球沿杆方向的分速度相等可得, 小球 A、B 的速度关系为 $v_A \cos 53^\circ = v_B \cos 37^\circ$, 联立解得 $v_A = \frac{8\sqrt{5gL}}{25}$, $v_B = \frac{6\sqrt{5gL}}{25}$, 故 **C 正确, D 错误**.

7. BC 【解析】无风时小球在竖直方向上的加速度 $a_1 = g$, 有风时, 设风力大小为 F , 风力方向与竖直方向夹角为 θ , 小球受力情况如图所示, 此时小球竖直方向的加速度为 $a'_1 = \frac{mg + F \cos \theta}{m} = g + \frac{F \cos \theta}{m} > a_1$, 根据 $h = \frac{1}{2} a t^2$ 可知, 有风时小球从抛出到落到水平面上的时间将减小, 故 **A 错误**. 由于 v_0 、 h 、 F 及 θ 大小关系不确定, 若小球落地时水平方向的速度刚好减为零, 此时小球落到水平面上时的速度方向与水平面垂直; 若小球在水平方向上向右减速到零后, 再反向加速回到 OO_1 竖直线上时落地, 则小球刚好落到水平面上的 O_1 点, 故 **B、C 正确**. 无风时, 有 $O_1 O_2 = v_0 t$, 有风时, 小球水平向右移动的最大距离 $x = \frac{1}{2} v_0 t'$, 由 A 项分析可知 $t' < t$, 故有 $x < O_1 O_2$, 即小球一定不会落到 O_2 点, 故 **D 错误**.

方法总结 受力恒定的曲线运动应该分解为两个简单的直线运动, 本题中小球水平方向做匀减速运动, 减速到零后可能再反向做匀加速运动; 竖直方向一直做匀加速运动.

8. BD 【解析】解法一: 逆向思维
设小球从 c 点沿 dc 方向飞出的速度大小为 v_0 , bc 边长为 l ; 小球从 a 到 c 的过程, 根据逆向思维, 可认为小球从 c 到 a 做类平抛运动, 沿 cd 方向有 $L = v_0 t$, 沿 cb 方向有 $a = g \sin \theta$, $l = \frac{1}{2} a t^2$,
解法二: 关键点: 类斜抛运动从抛出点到最高点的过程, 可看作逆向的类平抛运动

$v_{cb} = at$, 在 a 点时, 有 $\tan \alpha = \frac{v_{cb}}{v_0}$, 联立解得 $t = \sqrt{\frac{L \sin \alpha}{g \sin \theta \cos \alpha}}$,
 $v_0 = \sqrt{\frac{gL \sin \theta \cos \alpha}{\sin \alpha}}$, $v_{cb} = \sqrt{\frac{gL \sin \theta \sin \alpha}{\cos \alpha}}$, $l = \frac{L \sin \alpha}{2 \cos \alpha}$, **A 错误, B 正确**.

正确; 小球运动到斜面的 c 点并沿 dc 方向飞出后有 $h = l \sin \theta = \frac{1}{2} g t'^2$, $x = v_0 t'$, 解得 $x = v_0 \sqrt{\frac{2l \sin \theta}{g}} = L \sin \theta$, 根据几何关系可知小球从 a 到触地过程中位移大小为 $x' = \sqrt{(l \cos \theta)^2 + (L+x)^2} = L \sqrt{\left(\frac{1}{2} \tan \alpha \cos \theta\right)^2 + (1 + \sin \theta)^2}$, **C 错误**;

错误; 在 a 点时, 根据几何关系有 $\tan \alpha = \frac{v_{cb}}{v_0}$, 根据机械能守恒定律可知, 小球触地时速度大小等于小球在 a 点时的速度大小, 有 $v_{\text{地}} = v_a = \sqrt{v_0^2 + v_{cb}^2} = \sqrt{\frac{gL \sin \theta}{\sin \alpha \cos \alpha}}$, 故 **D 正确**.

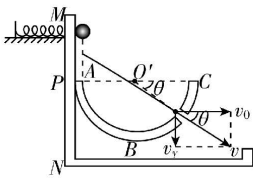
解法二: 正向思维

设小球从 a 点飞出的速度为 v_a , bc 边长为 l , 以 a 点为原点, 沿斜面 ad 方向为 y 轴, 沿 ab 方向为 x 轴建立坐标系. 重力加速度 g 沿 y 轴方向的分量 $a_y = g \sin \theta$, 初速度 v_a 与 ab 边的夹角为 α , 因此沿 x 轴方向的分量 $v_{ax} = v_a \cos \alpha$, 沿 y 轴方向的分量 $v_{ay} = v_a \sin \alpha$, 在 c 点, 沿 y 轴方向分速度为零, 有 $v_a \sin \alpha - g \sin \theta \cdot t = 0$, 得 $t = \frac{v_a \sin \alpha}{g \sin \theta}$, 又 $L = v_a \cos \alpha \cdot t$, 联立解得 $v_a = \sqrt{\frac{gL \sin \theta}{\sin \alpha \cos \alpha}}$, $t = \sqrt{\frac{L \sin \alpha}{g \sin \theta \cos \alpha}}$, **A 错误, B 正确**; 根据机械能守恒定律可知, 小球触地时速度大小等于小球在 a 点时的速度大小, $v_{\text{地}} = v_a = \sqrt{\frac{gL \sin \theta}{\sin \alpha \cos \alpha}}$, **D 正确**; 小球运动到斜面的 c 点并沿 dc 方向飞出后有 $h = l \sin \theta = \frac{1}{2} g t'^2$, 其中 $l = \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t'^2$, $x = v_0 t'$, 解得 $x = v_0 \sqrt{\frac{2l \sin \theta}{g}} = L \sin \theta$, 根据几何关系可知小球从 a 到触地过程中位移大小为 $x' = \sqrt{(l \cos \theta)^2 + (L+x)^2} = L \sqrt{\left(\frac{1}{2} \tan \alpha \cos \theta\right)^2 + (1 + \sin \theta)^2}$, **C 错误**.

9. BD 【解析】由于下落高度 h 一定, 根据平抛运动规律有 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 可知下落时间一定, 且与 θ 无关, 故 **A 错误**; 向 B 点浇灌时的水平位移比 C 点的大, 则向 B 点浇灌时的初速度大, 故 **B 正确**; 根据 $y_A = \frac{1}{2} g t^2$, 解得 $t = \sqrt{\frac{2y_A}{g}}$, OB 的最大长度为 $x_{OB} = v_{\text{max}} t$, 则 BB' 最大长度为 $l = 2x_{OB} \sin \theta = 2v_{\text{max}} \sqrt{\frac{2y_A}{g}} \sin \theta$, 故 **C 错误**; 根据平抛运动规律有 $vt = \frac{x_c}{\cos \theta}$, 解得 $v = \frac{x_c}{\cos \theta} \cdot \sqrt{\frac{g}{2y_A}}$, 故 **D 正确**.

10. AB 【解析】小球弹出过程, 弹簧的弹性势能转化为小球的动能, 有 $\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2$, 得 $v_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \Delta x$, **A 正确**; 从 A 点飞出的小球到达 O 点, 速度的反向延长线过水平位移的中点, 不可能过圆心 O' , 速度方向不可能垂直 O 点的切线方向, 无法顺利过关, **B 正确**; 将顺利过关时小球通过小孔的速度沿水平方向与竖直方向分解, 如图所示, 可得 $\tan \theta = \frac{gt}{v_0}$, 水平位移 $x = v_0 t$, 联立可得 $v_0 = \sqrt{\frac{gx}{\tan \theta}}$, $t = \sqrt{\frac{x \tan \theta}{g}}$, 下

落高度 $h = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{x \tan \theta}{2}$, 则弹射器只能在距离 O 点竖直高度 $h = \frac{x \tan \theta}{2}$ 处, 以固定的速度 $v_0 = \sqrt{\frac{gx}{\tan \theta}}$ 弹出, 才能顺利过关, **C 错误**; 根据 $h = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{x \tan \theta}{2}$ 可知, 小球通过小孔时, 速度与水平方向夹角恒定, 将弹射器出口向左调整一段距离后小球的水平位移 x 增大, 故想要顺利过关, 需增大弹射器高度 h , **D 错误**.



11. (1) C (2) $\frac{L}{L_1} x_1$ (3) $x \sqrt{\frac{g}{d_2 - 2d_1}}$ $\frac{d_2 \sqrt{g(d_2 - 2d_1)}}{2(d_2 - 2d_1)}$

【解析】(1) 水平杆的右端用一细线悬挂一重物的主要目的是确定竖直方向, **A、B 错误, C 正确**.

(2) 根据题意得 $\frac{L_1}{L} = \frac{x_1}{x}$, 解得 $x = \frac{L}{L_1} x_1$.

(3) 根据题意得 $x = v_0 T$, $(d_2 - d_1) - d_1 = g T^2$, 解得 $v_0 = x \sqrt{\frac{g}{d_2 - 2d_1}}$. B 点的竖直速度 $v_{By} = \frac{d_2}{2T}$, 解得 $v_{By} = \frac{d_2 \sqrt{g(d_2 - 2d_1)}}{2(d_2 - 2d_1)}$.

12. (1) 17 m/s, 与水平方向的夹角的正切值为 $\tan \theta = \frac{8}{15}$

(2) 9.5 m/s

【解析】(1) 初速度为 v_0 的水火箭做斜上抛运动恰好垂直墙体击中目标, 由逆向思维法可看成平抛运动, 有

$$x = v_x t, h = \frac{1}{2} g t^2,$$

解得 $t = 0.8 \text{ s}$, $v_x = 15 \text{ m/s}$,

则水火箭发射的初速度大小为 $v_0 = \sqrt{v_x^2 + (gt)^2} = 17 \text{ m/s}$,

与水平方向的夹角满足 $\tan \theta = \frac{gt}{v_x} = \frac{8}{15}$.

(2) 水火箭发射时的竖直分速度为 $v_{0y} = gt = 8 \text{ m/s}$, 设水火箭从发射到被拦截所用时间为 t' , 有 $x' = v_x t'$, 可得 $t' = 0.4 \text{ s}$,

对发射水火箭, 竖直方向有

$$y = v_{0y} t' - \frac{1}{2} g t'^2 = 2.4 \text{ m},$$

对“拦截型”水火箭, 竖直方向有

$$y = v(t' - \Delta t) - \frac{1}{2} g (t' - \Delta t)^2 = 2.4 \text{ m},$$

关键点: 发射水火箭与“拦截型”水火箭竖直位移相等
解得“拦截型”水火箭的发射速度为 $v = 9.5 \text{ m/s}$.

13. (1) 2.5 m/s (2) 1 J (3) 32 J

【解析】(1) 滑块在 C 点的竖直分速度大小 $v_y = \sqrt{2gh_2} = 1.5 \text{ m/s}$, 则滑块运动至 C 点时的速度大小 $v_C = \frac{v_y}{\sin 37^\circ} = 2.5 \text{ m/s}$.

(2) 滑块在 C 点的水平分速度与在 B 点的速度相等, 则 $v_B = v_x = v_C \cos 37^\circ = 2 \text{ m/s}$, 从 A 到 B 点的过程中, 由动能定理有 $mgh_1 - W_f = \frac{1}{2} m v_B^2$, 解得 $W_f = 1 \text{ J}$.

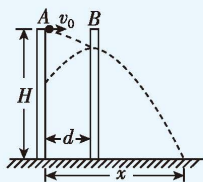
(3) 滑块在传送带上运动时, 由于 $v_C > v$, 根据牛顿第二定律

高中必刷题 物理

得 $\mu mg \cos 37^\circ - mg \sin 37^\circ = ma$, 解得 $a = 0.4 \text{ m/s}^2$, 达到共同速度所需时间 $t = \frac{v_c - v}{a} = 5 \text{ s}$, 二者间的相对位移大小 $\Delta x = \frac{v + v_c}{2} t - vt = 5 \text{ m}$, 由于 $mg \sin 37^\circ < \mu mg \cos 37^\circ$, 此后滑块将做匀速运动, 滑块在传送带上运动时因摩擦产生的热量 $Q = \mu mg \cos 37^\circ \cdot \Delta x = 32 \text{ J}$.

14. (1) 2 s (2) 1 m 6 (3) 0.45 k² (单位: m, $k \leq 6$)

思路导引 由于小球与墙壁发生碰撞前后竖直方向速度不变, 水平方向速度反向, 根据运动过程的对称性, 假设没有竖直墙 B, 小球的运动可以认为是从 A 点水平抛出的平抛运动.



【解析】(1) 利用平抛运动规律, 有 $H = \frac{1}{2}gt^2$,

解得 $t = 2 \text{ s}$.

(2) 假设没有竖直墙 B, 那么小球做平抛运动的水平位移

关键点: 解答本题的关键是假设法的应用

应满足 $x = v_0 t = 5 \times 2 \text{ m} = 10 \text{ m}$,

与墙面碰撞的次数满足 $\frac{x}{d} = \frac{10}{1.5}$ (次) ≈ 6.7 (次),

向下取整, 可得碰撞次数 $n = 6$,

小球的落地点离 A 墙的距离 $l = x - 6d = (10 - 6 \times 1.5) \text{ m} = 1 \text{ m}$.

(3) 平抛运动在水平方向的分运动是匀速直线运动,

从抛出到与墙面发生第 k 次碰撞, 所用时间 $t_k = k \frac{d}{v_0}$,

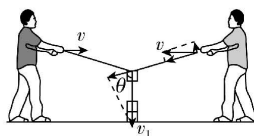
小球竖直方向做自由落体运动, 下落高度 $h = \frac{1}{2}gt_k^2$,

代入得 $h = 0.45k^2$ (单位: m, $k \leq 6$).

第2章高考强化

刷真题

1. B **【解析】** 设塔块的速度为 v_1 , 绳与竖直方向的夹角为 θ , 将速度分解, 如图所示, 则 $v_1 \cos \theta = v \sin \theta$, 解



关键点: 沿绳方向速度大小相等

得 $v = \frac{v_1}{\tan \theta}$, 塔块沿竖直方向匀速下落的过程中, θ 减小, $\tan \theta$ 一直减小, 故 v 一直增大, B 正确.

2. C

思路导引 关键是将物块的运动分解为沿水平、竖直方向的分运动, 利用匀变速直线运动的速度—位移关系判断图像, 注意区分速度—时间图线 (线性) 与速度—位移图线 (抛物线) 的差异.

【解析】 物块向上运动过程中, 设斜面的倾角为 θ , 物块的初速度为 v_0 , 物块运动过程中的速度为 v , 其在水平方向和竖直方向上的分速度分别为 $v_x = v \cos \theta$, $v_y = v \sin \theta$, 由牛顿第二定律可知, 物块的加速度沿斜面向下, 大小为 $a = g \sin \theta$, 由匀变速直线运动规律, 在水平方向上有 $v_x^2 - (v_0 \cos \theta)^2 = -2xg \sin \theta \cos \theta$, 在竖直方向上有 $v_y^2 - (v_0 \sin \theta)^2 = -2yg \sin^2 \theta$, 可知物块向上运动过程中, $v_x - x$ 图像和 $v_y - y$ 图像均为抛物线的一部分, C 正确.

3. B **【解析】** 铅球做平抛运动, 除重力外没有其他力做功, 则机械能守恒, A 错误; 铅球只受重力, 则加速度为重力加速度 g , 保持不变, B 正确; 铅球做平抛运动过程中重力一直做正功, 被推出后动能一直增加, 速度大小一直变大, C、D 错误.

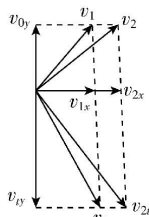
4. C **【解析】** 青蛙做平抛运动, 竖直方向有 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 水平位移

设为 x , 则初速度 $v = \frac{x}{t} = x \sqrt{\frac{g}{2h}}$, 若以最小的初速度完成跳跃, 即 v 最小, 则应该使 x 最小、 h 最大, 故青蛙应跳到荷叶 c 上, C 正确.

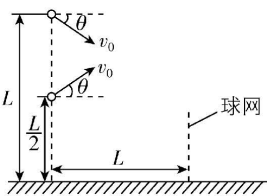
5. D **【解析】** 鸟食的运动视为平抛运动, 设鸟食在 OM 段和 ON 段运动的竖直方向位移分别为 h_1 和 h_2 , 由题图可知 $h_1 < h_2$, 根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可知, 鸟食在 OM 段的运动时间小于 ON 段的运动时间, 两只小鸟在 M 点和 N 点同时接到鸟食, 则在 N 点接到的鸟食先抛出, A、B 错误; 设轨迹 ON 上 N' 点与 M 点在同一水平线上, 则鸟食在 ON' 段与 OM 段运动的时间相等, 水平方向位移 $x_{OM} > x_{ON'}$, 则在 M 点接到的鸟食平抛的初速度较大, C 错误, D 正确.

易错分析 两只小鸟分别在 M 点和 N 点同时接到鸟食, 而非两颗鸟食同时抛出, 抛体运动类问题需注意题中所给条件.

6. BD **【解析】** 同一物体的两次斜抛运动, 最高点等高且距水平地面高为 3.2 m, 则竖直方向的上升高度、时间, 下落高度、时间完全相同, 上升阶段的竖直位移均为 $h_1 = 3.2 \text{ m} - 1.4 \text{ m} = 1.8 \text{ m}$, 可知竖直方向的初速度 $v_{0y} = \sqrt{2gh_1} = 6 \text{ m/s}$, 上升阶段的时间 $t_1 = \frac{v_{0y}}{g} = 0.6 \text{ s}$, 下降阶段的竖直位移为 $h_2 = 3.2 \text{ m}$, 可知竖直方向的末速度 $v_{iy} = \sqrt{2gh_2} = 8 \text{ m/s}$, 下降阶段的时间 $t_2 = \frac{v_{iy}}{g} = 0.8 \text{ s}$, 则第一次抛出上升时间、下降时间之比为 3 : 4, A 错误; 水平方向 $OQ_1 = v_{ix}(t_1 + t_2)$, 得 $v_{ix} = 6 \text{ m/s}$, $OQ_2 = v_{2x}(t_1 + t_2)$, 得 $v_{2x} = 7 \text{ m/s}$, 故落地瞬间的动能分别为 $E_{k1} = \frac{1}{2}m(v_{ix}^2 + v_{iy}^2) = 10 \text{ J}$, $E_{k2} = \frac{1}{2}m(v_{2x}^2 + v_{iy}^2) = 11.3 \text{ J}$, 则 $E_{k1} : E_{k2} = 100 : 113$, C 错误; 运动到 P 点时, 两次的重力势能相同, 动能不同, $E_{kP1} = \frac{1}{2}m(v_{ix}^2 + v_{py}^2)$, $E_{kP2} = \frac{1}{2}m(v_{2x}^2 + v_{py}^2)$, 故 $E_{kP2} - E_{kP1} = \frac{1}{2}m(v_{2x}^2 - v_{ix}^2) = 1.3 \text{ J}$, B 正确; 两次运动, 竖直方向的速度在对应时刻完全相同, 第二次水平方向的速度更大, 由图可知第一次抛出时速度方向与落地瞬间速度方向夹角比第二次大, D 正确.

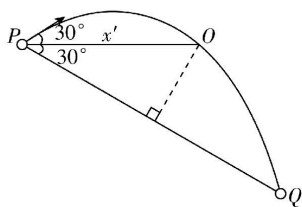


7. C **【解析】** 由题意可画出示意图, 如图所示. 设球网的高度为 h , 对于斜向下击出的网球, 在水平方向有 $L = v_0 \cos \theta \cdot t_1$, 竖直方向有 $L - h = v_0 \sin \theta \cdot t_1 + \frac{1}{2}gt_1^2$. 对于斜向上击出的网球, 在水平方向有 $L = v_0 \cos \theta \cdot t_2$, 竖直方向有 $\frac{L}{2} - h = -v_0 \sin \theta \cdot t_2 + \frac{1}{2}gt_2^2$, 联立可得 $t_1 = t_2$, $\frac{L}{2} = 2v_0 \sin \theta \cdot t_1$,



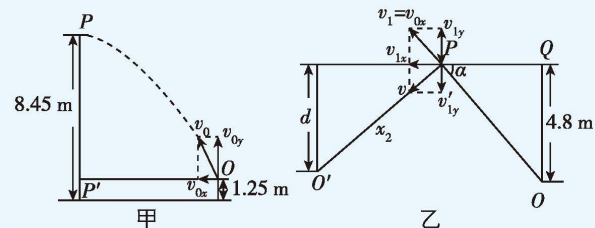
结合 $L=v_0 \cos \theta \cdot t_1$, 可得 $4 \sin \theta = \cos \theta$, 解得 $\tan \theta = \frac{1}{4}$, **C 正确**.

- 8. BD** 【解析】设竖直向下为正方向, 由题意可得 $\tan 30^\circ = \frac{y}{x} = \frac{-v_0 \sin 30^\circ \cdot t + \frac{1}{2} g t^2}{v_0 \cos 30^\circ \cdot t}$, 解得 $t = 4 \text{ s}$, **A 错误**; 重物落地时, 水平速度 $v_x = v_0 \cos 30^\circ = 10\sqrt{3} \text{ m/s}$, 竖直速度 $v_y = -v_0 \sin 30^\circ + g t = 30 \text{ m/s}$, 落地速度与水平方向夹角的正切值 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \sqrt{3}$, 解得 $\theta = 60^\circ$, 可得落地速度与水平方向夹角为 60° , **B 正确**; 当重物速度方向与 PQ 平行时, 重物离 PQ 连线最远, 即 $\tan 30^\circ = \frac{v_y'}{v_x} = \frac{\sqrt{3}}{3}$, 解得 $v_y' = 10 \text{ m/s}$, 由 $v_y' = -v_0 \sin 30^\circ + g t'$, 解得 $t' = 2 \text{ s}$, 此时重物的水平位移 $x' = v_x t' = 20\sqrt{3} \text{ m}$, 竖直位移 $y' = -v_0 \sin 30^\circ \cdot t' + \frac{1}{2} g t'^2 = 0 \text{ m}$, 离 PQ 连线最远位置如图中 O 点所示, 则 $d = x' \sin 30^\circ = 10\sqrt{3} \text{ m}$, **C 错误**; 重物上升到最高点所需时间满足 $0 = -v_0 \sin 30^\circ + g t''$, 解得 $t'' = 1 \text{ s}$, 轨迹最高点与落点的高度差 $h = \frac{1}{2} g (t - t'')^2 = 45 \text{ m}$, **D 正确**.



9. BD

思路引导 网球向上运动过程中轨迹所在竖直平面如图甲所示, 网球运动全过程的俯视图如图乙所示.



【解析】网球的运动过程如图所示, 设网球的竖直分速度为 v_{0y} , 则有 $v_{0y} = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} = 12 \text{ m/s}$, 则网球的水平分速度

$v_{0x} = \sqrt{v_0^2 - v_{0y}^2} = 5 \text{ m/s}$, 网球从被击出到与墙壁碰撞经历的时间

为 $t_1 = \frac{v_{0y}}{g} = 1.2 \text{ s}$, 网球的击出点到碰墙点的投影间的距离

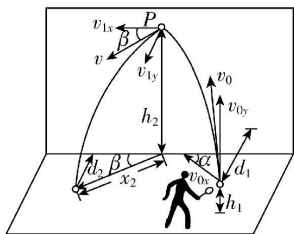
$x_1 = v_{0x} t_1 = 6 \text{ m}$, 网球在碰到墙壁时的速度大小为 $v_1 = v_{0x} = 5 \text{ m/s}$, 速度方向与墙壁间的夹角满足 $\sin \alpha = \frac{d_1}{x_1} = 0.8$, 网球

碰到墙壁前瞬间平行于墙壁的分速度 $v_{1x} = v_1 \cos \alpha = 3 \text{ m/s}$, 垂直墙壁的速度 $v_{1y} = v_1 \sin \alpha = 4 \text{ m/s}$, 网球碰到墙壁后的速度大小

$v = \sqrt{v_{1x}^2 + (0.75 v_{1y})^2} = 3\sqrt{2} \text{ m/s}$, **A 错误, B 正确**. 网球碰到墙壁后沿墙壁方向的速度 v_{1x} 与垂直墙壁方向的速度 $0.75 v_{1y}$

相等, 则合速度方向与墙壁间的夹角 $\beta = 45^\circ$, 网球着地所用

时间 $t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = 1.3 \text{ s}$, 网球着地过程的轨迹在水平面的投影长度 $x_2 = v t_2 = 3.9\sqrt{2} \text{ m}$, 则网球着地点到墙壁的距离 $d = d_2 = x_2 \sin 45^\circ = 3.9 \text{ m}$, **C 错误, D 正确**.



10. (1) $\sqrt{\frac{2E_p}{m}}$ **(2)** $\frac{5}{2} \sqrt{\frac{hE_p}{mg}}$

【解析】(1) 设小球离开桌面时的速度大小为 v_0 , 由能量守

恒定律可得 $E_p = \frac{1}{2} m v_0^2$,

解得 $v_0 = \sqrt{\frac{2E_p}{m}}$.

(2) 小球从桌面飞出后做平抛运动, 水平方向有 $x = v_0 t$,

竖直方向有 $v_y = g t$,

小球与地面碰撞后, 竖直方向的速度大小 $v_{y1} = \frac{4}{5} v_y$,

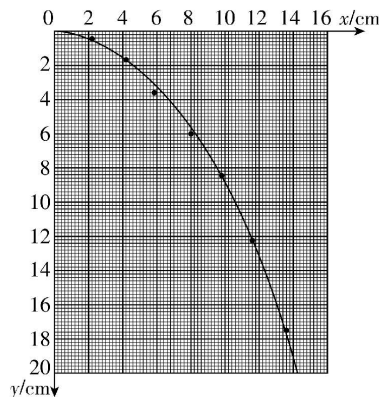
小球与地面碰撞后在竖直方向做竖直上抛运动, 由运动学公式有 $v_{y1}^2 = 2gh$,

联立解得 $x = \frac{5}{2} \sqrt{\frac{hE_p}{mg}}$.

11. ①相同 ②见解析 ③0.71

【解析】①为保证钢球每次平抛运动的初速度相同, 必须让钢球在斜槽上的相同高度由静止释放.

②钢球做平抛运动的轨迹如图所示.

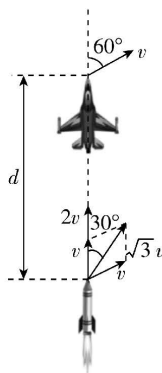


③因为坐标原点对应平抛起点, 为方便计算, 在图线上找到纵坐标为 19.6 cm 的点为研究点, 该点的坐标为 $(14.1 \text{ cm}, 19.6 \text{ cm})$, 将研究点的数据代入 $y = \frac{1}{2} g t^2$, $v_0 = \frac{x}{t}$, 解得 $v_0 \approx 0.71 \text{ m/s}$.

刷原创

1. B 【解析】将导弹获得的瞬时速度沿着正北方向和北偏东方向进行分解, 如图所示, 根据几何关系可得, 两个分量均为 v , 由此可知导弹相对于“敌机”的速度 $\Delta v = v + 2v = 3v$, 初始的相

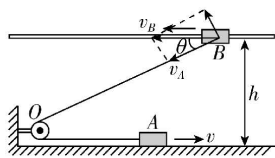
对位移为 d , 则导弹击中“敌机”的时间 $t = \frac{d}{\Delta v} = \frac{d}{3v}$. 故选 B.



- 2. CD** 【解析】水滴随 B 物体一起向左水平运动,其脱离 B 物体后做平抛运动, **A 错误**. 水滴与 B 分离时的速度和 B 物体速度相同,如图所示,由运动的合成与分解可知 $v_B = \frac{v_A}{\cos \theta} = \frac{v}{\cos \theta}$, 当 $\theta = 30^\circ$ 时, $v_B = \frac{2\sqrt{3}v}{3}$, 故 $v_B = \frac{2\sqrt{3}}{3}v$, **B 错误**. 水滴脱离 B 物体后竖直方向做自由落体运动,由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, **C 正确**. 水

滴落地时竖直方向的速度为 $v_y = \sqrt{2gh}$, 落地时的速度大小为

$$v_1 = \sqrt{v_B^2 + v_y^2} = \sqrt{\frac{4v^2}{3} + 2gh}, \text{D 正确.}$$



第3章 圆周运动

第1节 匀速圆周运动快慢的描述

刷基础

- 1. BD** 【解析】做匀速圆周运动的物体线速度方向不断变化,一定有加速度,因此合力不可能为0,故 **A 错误**;根据 $v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$, 可知做匀速圆周运动的物体在相等的时间内运动的弧长相等,转过的角度相等,位移大小相等,但位移方向不一定相同,故 **B 正确, C 错误**;由匀速圆周运动特点可知,做匀速圆周运动的物体线速度大小不变,故 **D 正确**.

注意说明 做匀速圆周运动的物体线速度大小不变,方向时刻改变,角速度不变,周期不变.

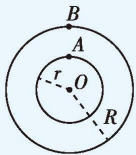
2. C

模型构建

同轴转动

(1) 特点:角速度相同、周期相同、转速相同、转动方向相同;

(2) 线速度大小与半径成正比: $\frac{v_A}{v_B} = \frac{r}{R}$.



【解析】由题意可知, M 、 N 两点为同轴转动,所以角速度相等,故 **A、B 错误**; M 点的转动半径小于 N 点的转动半径,根据 $v = \omega r$ 可知 M 点的线速度比 N 点的线速度小,故 **C 正确, D 错误**.

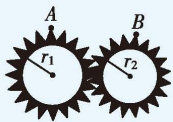
3. AD

模型构建

齿轮传动

(1) 特点:齿轮边缘线速度大小相等,转动方向相反;

(2) 角速度与半径成反比: $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{r_2}{r_1}$.



【解析】在齿轮传动中,三个齿轮的边缘线速度大小相等,故小齿轮边缘的 A 点和大齿轮边缘的 B 点线速度大小之比为 $1:1$,故 **A 正确**;三个齿轮边缘线速度大小相等,根据 $v = \omega r$ 可知,角速度 $\omega_A : \omega_B = \frac{v}{r_A} : \frac{v}{r_B} = 3:1$,故 **B 错误**;根据 $T = \frac{2\pi r}{v}$ 可知,周期之比为 $\frac{T_A}{T_B} = \frac{r_A}{r_B} = \frac{1}{3}$,故 **C 错误**;根据 $n = f = \frac{1}{T}$ 可知,转速之比为 $\frac{n_A}{n_B} = \frac{T_B}{T_A} = \frac{3}{1}$,故 **D 正确**.

方法总结 解决此类问题时需区分题目属于哪种传动模型.若为同轴转动,则各点角速度相等;若为链条(齿轮或传送带)传动,则链条(齿轮或传送带)边缘上各点的线速度大小相等;若靠摩擦传动,则相切点线速度大小相等.

- 4. C** 【解析】刀盘工作时的角速度为 $\omega = 2\pi n = \frac{2\pi \times 5}{60} \text{ rad/s} =$

易错点: 注意单位

$\frac{\pi}{6} \text{ rad/s}$, **A 错误**;刀盘边缘的线速度大小约为 $v = \omega r = \frac{\pi}{6} \times$

$8 \text{ m/s} = 4.2 \text{ m/s}$, **B 错误**;刀盘旋转的周期为 $T = \frac{2\pi}{\omega} = 12 \text{ s}$,

C 正确;刀盘上所有刀片的角速度都相同,各刀片末端的半径也相同,根据公式 $v = \omega r$ 可知,各刀片末端的线速度大小相等,但是方向不同,故线速度不同, **D 错误**.

易错点: 线速度为矢量,既有大小,又有方向

- 5. D** 【解析】由几何知识可知,小球做匀速圆周运动的半径为

关键点: 小球与手为同轴转动

$r = \sqrt{L^2 + R^2}$, 则小球做匀速圆周运动的线速度大小为 $v = \omega r = \omega \sqrt{L^2 + R^2}$, **D 正确**.

刷易错

★ **易错点 忽略圆周运动问题的周期性**

- 6. AD** 【解析】飞镖水平抛出后做平抛运动,在水平方向做匀速直线运动,则有 $t = \frac{L}{v_0}$,故 **A 正确**;分析可知,飞镖击中 P 点时,

P 点恰好在圆盘最下端,有 $2r = \frac{1}{2}gt^2$, 解得圆盘的半径 $r = \frac{gL^2}{4v_0^2}$,

故 **B 错误**;飞镖击中 P 点,则 P 点转过的角度满足 $\theta = \omega t = \pi + 2k\pi (k=0, 1, 2, \dots)$, 可得 $\omega = \frac{(2k+1)\pi v_0}{L} (k=0, 1, 2, \dots)$, 则

圆盘转动角速度的最小值为 $\frac{\pi v_0}{L}$,故 **C 错误**; P 点随圆盘转动

的线速度大小 $v = \omega r = \frac{(2k+1)\pi v_0}{L} \times \frac{gL^2}{4v_0^2} = \frac{(2k+1)\pi gL}{4v_0} (k=0, 1,$

$2, \dots)$, 当 $k=2$ 时, $v = \frac{5\pi gL}{4v_0}$,故 **D 正确**.

关键点拨 飞镖做平抛运动的同时,圆盘上的 P 点做匀速圆周运动,恰好击中 P 点,说明 P 点正好在圆盘最下端被击中,则 P 点转过的角度满足 $\theta = \pi + 2k\pi (k=0, 1, 2, \dots)$, 根据平抛运动水平位移求得飞镖击中 P 点的时间,与 P 点转动到圆盘最下端所用的时间相等这一条件联立可解答本题.

易错分析 此类问题易由于考虑不到圆周运动具有周期性造成漏解.在解题时要先根据周期性写出圆周运动物理量表达式的通式,再根据题目要求进行判定.

刷提升

- 1. BD** 【解析】由题可知,货物与滚筒间不打滑,所以货物的线速度与滚筒的线速度大小相等,滚筒内外两端的角速度大小相等,由于外侧比内侧半径大,故外侧比内侧线速度大,故 **A 错误, B 正确**;单个圆锥形滚筒滚动时内外两端角速度大小