

第五章

抛体运动

第1节 曲线运动



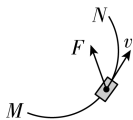
对点上分

1. C 【解析】由于不计空气阻力,花瓣只受重力作用,则加速度不变,故 A 错误;花瓣做曲线运动,则加速度方向与速度方向一定不在同一直线上,故 B 错误;花瓣做曲线运动,速度一定变化,即一定在做变速运动,故 C 正确;花瓣做曲线运动,所受的合力一定不为零,故 D 错误.

2. D 【解析】由速度方向和轨迹之间的关系可得,速度方向沿该点轨迹的切线方向,所以箭头方向表示羽毛球瞬时速度方向合理的为④,故 D 正确.

3. B 【解析】做曲线运动的物体在某点的速度方向沿该点轨迹的切线方向,则图中 A、B、C 和 D 处汽车的速度方向跟 O 处汽车的速度方向几乎相同的是 B 和 C 两点,故 B 正确.

4. B 【解析】由题可知汽车现在的速度方向如图所示,汽车所受合外力方向与速度方向夹角小于 90° ,因此汽车速度增大,故 B 正确.



5. C



攻略上分

已知导弹的轨迹,判断速度 v 与所受合外力 F 的关系,根据通法攻略 1 中速度方向与运动轨迹相切,合外力指向曲线的“凹”侧即可判断.

【解析】根据曲线运动的特点,可知速度 v 的方向沿运动轨迹的切线方向,合外力 F 的方向指向运动轨迹的凹侧,轨迹在两者之间,

→ 通法攻略 1 力、速度和曲线运动轨迹的三重奏

所以图中 C 点符合要求, A 点、B 点、D 点不符合要求,故 C 正确.

6. A 【解析】物体在三个共点恒力 F_1 、 F_2 、 F_3 的作用下做匀速直线运动,则这三个共点恒力合力为零,如果突然撤去 F_3 , F_1 、 F_2 的合力与 F_3 等大、反向, F_1 、 F_2 的合力恒定不变,若物体的速度方向与 F_1 、 F_2 的合力方向相反,物体将做匀减速直线运动,故 A 正确;若突然撤去 F_3 ,物体所受合力不为零,物体不可能继续做匀速直线运动,故 B 错误;当 F_1 、 F_2 的合力方向与速度方向不在

→ 通法攻略 1 力、速度和曲线运动轨迹的三重奏

同一直线时,物体做曲线运动, F_1 、 F_2 的合力方向与速度方向相同时,物体做直线运动,由于合力恒定,则加速度恒定,即物体不可能做加速度逐渐减小的加速直线运动,也不可能做加速度逐渐减小的曲线运动,故 C、D 错误.

易错警示

不理解合力、速度和运动轨迹之间的关系导致错误

不能正确判断不同受力情况下物体的运动情况导致出错. 物体做直线运动的条件是合力方向和速度方向共线,当合力和速度同向时,物体做加速直线运动;当合力和速度反向时,物体做减速直线运动. 物体做曲线运动的条件是合力方向和速度方向不共线,其中当合力是恒力时物体做匀变速曲线运动.

第2节 运动的合成与分解



对点上分

1. BC 【解析】将运动的物体的合速度分解到两个不同方向上,分速度大小分别为 6 m/s 、 8 m/s ,根据平行四边形定则可知,两个分速度方向相反时,合速度大小为 $v_1 = 8 \text{ m/s} - 6 \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$,两个分速度方向相同时,合速度大小为 $v_2 = 8 \text{ m/s} + 6 \text{ m/s} = 14 \text{ m/s}$,则 $2 \text{ m/s} < v < 14 \text{ m/s}$,故 B、C 正确.

2. D 【解析】合速度是两个分速度的矢量和,可能大于两个分速度的大小,可能小于两个分速度的大小,也可能等于某个分速度的大小,故 A、B 错误;要求合速度的大小,不仅要知道两个分速度的大小,还要知道两个分速度的方向,故 C 错误;互成角度的两个匀加速直线运动,如果合加速度的方向与合初速度的方向在同一直线上,合运动就是匀变速直线运动,故 D 正确.

3. BD 【解析】无人机在悬停时处于平衡态,所以无人机悬停时受到的合力为零,故 A 错误;急救包水平方向受到水平风力的影响,竖直方向由静止开始做自由落体运动,竖直分运动不受水平分运动的影响,所以运动时间与风力大小无关,故 C 错误, B 正确;

→ **关键点** 两个分运动相互独立,互不影响,同时两分运动时间相等,可由急救包在竖直方向上的运动求运动时间

急救包落地时的速度由水平分速度和竖直分速度合成,水平方向的速度大小与风力大小有关,所以合速度大小与风力大小有关,故 D 正确.

→ **说明** 落地速度是合速度,两分运动的速度、加速度和位移等,都会对合运动的速度、加速度和位移产生影响

4. A



攻略上分

求橡皮运动的速度即求橡皮的实际速度,根据通法攻略 2 中的思路,需将橡皮的运动沿着水平和竖直方向分解,判断两个分运动的运动情形,再得出合运动的性质.

【解析】橡皮参与了水平向左和竖直向下的分运动,由于细线长度不会发生变化,两个方向的分运动都是匀速直线运动,即 v_x 和

v_y 恒定,且有 $v_x = v_y$,所以 $v_{\text{合}} = \sqrt{2}v_x$, $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = 1$, $v_{\text{合}}$ 大小恒定,

→ **通法攻略 2** 两个直线运动合成步骤和性质判断

且其方向始终与水平方向成 45° 斜向下,所以橡皮运动的速度大小和方向都不变,故 A 正确.

5. C



攻略上分

求两方向的力的大小关系,即求两方向加速度大小关系,根据运动情况求出加速度,两方向的运动时间相等,根据竖直方向运动求时间,代入水平运动的表达式中.

【解析】根据题意,竖直方向有 $2gh = v_0^2$,有风时竖直方向运动情况不变,小球落到与抛出点等高的位置所用时间 $t = \frac{2v_0}{g}$,水平方

向做初速度为零的匀加速直线运动,有 $a = \frac{F}{m}$, $2h = \frac{1}{2}at^2$,联立解

→ **通法攻略 2** 两个直线运动合成步骤和性质判断

得 $\frac{F}{mg} = \frac{1}{2}$,故 C 正确.

- 6. BD** 【解析】小环从顶端下落到底端的过程中,水平位移大小为 $2L$,竖直位移大小大于零,所以小环通过的路程大于 $2L$,故 A 错误;小环在竖直方向上由静止下滑,有 $L = \frac{1}{2}gt^2$,解得 $t = \sqrt{\frac{2L}{g}}$,故 B 正确;水平方向上有 $2L = \frac{1}{2} \times \frac{F}{3m}t^2$,解得 $F = 6mg$,故 C 错误;水平方向上 $a = \frac{F}{3m} = 2g$,小环受到杆的作用力大小为 $F' = ma = 2mg$,故 D 正确.

易错警示 混淆实际运动中的合运动和分运动导致错误

误认为小环的运动与物块的运动是一致的,错选 A,实际上两个运动满足合运动和分运动的关系.在解决实际中的问题时,要分析清楚物体的实际运动,本题中小环的运动为合运动,可以分解为水平方向同物块一样的运动和竖直方向的自由落体运动.

- 7. A** 【解析】船头垂直于河岸方向时,船渡河时间最短,则最短时间为 $t = \frac{d}{v_{\text{船}}} = \frac{600}{5} \text{ s} = 120 \text{ s}$,沿水流方向位移 $x = v_{\text{水}}t = 3 \times 120 \text{ m} = 360 \text{ m}$,渡河路程为 $s = \sqrt{x^2 + d^2} > 600 \text{ m}$,故 A 正确, B 错误;船在静水中的速度大小大于河水的流速大小,当合速度与河岸垂直时,船能够到达出发点正对岸,故 C 错误;只要船速恒定,无论水速如何变化,船的渡河最短时间都为 120 s ,故 D 错误.

8. D

攻略上分 将体育老师的速度进行分解,分为沿跑操队伍运动方向相对静止或稍快的速度(可看作是一种“水流速度”),以及体育老师垂直于跑操队伍运动方向的运动速度,由大招攻略 3 中小船渡河模型可分别分析体育老师在两个方向上的速度.

【解析】由题可知,老师需跑在学生前面且不影响跑操队伍,所以将老师的速度沿平行 BC 方向和垂直 BC 方向分解,在平行于 BC 方向,老师的速度需要大于等于学生的速度,即老师平行于 BC 方向的速度大小 $v_2 \geq 2 \text{ m/s}$,且老师的速度为两个方向速度的合速度,则老师到达出口时的速度大小一定大于 2 m/s ,故 A、B 错误;学生通过出口的时间 $t = \frac{L}{v} = 2 \text{ s}$,所以老师到达对面出口的时间不能大于 2 s ,否则体育老师不能从队伍前面沿直线匀速横穿到达对面出口区域,故 C 错误, D 正确.

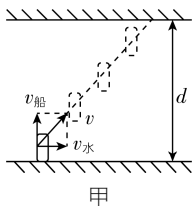
- 9. C** 【解析】以移动靶为参考建立参考系,子弹横向速度大小为 v_1 (相当于水速),纵向速度大小为 v_2 (相当于船速),则子弹射中目标的最短时间为 $t_{\min} = \frac{d}{v_2}$,故 A、B 错误;射击时,枪口离目标的距离为 $x = \sqrt{d^2 + (v_1 t_{\min})^2} = \frac{d\sqrt{v_2^2 + v_1^2}}{v_2}$,故 C 正确, D 错误.

- 10. (1) 50 s 250 m (2) $\frac{200\sqrt{7}}{7} \text{ s}$ (3) 300 m $30\sqrt{5} \text{ s}$**

【解析】(1) 当船速垂直河岸时,小船过河时间最短,如图甲所示,最短时间为 $t_{\min} = \frac{d}{v_{\text{船}}} = \frac{200}{4} \text{ s} = 50 \text{ s}$,这时小船的合速度大小为 $v =$

大招攻略3 小船渡河模型

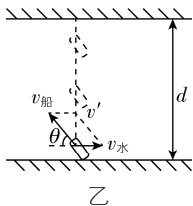
$\sqrt{v_{\text{船}}^2 + v_{\text{水}}^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$, 此种情况下小船过河的位移大小为 $l = vt_{\min} = 5 \times 50 \text{ m} = 250 \text{ m}$.



甲

(2) 船在静水中的速度大小大于水流速度大小, 那么最短过河位移为河宽, 如图乙所示. 这种情况下, 小船的合速度大小为 $v' = \sqrt{v_{\text{船}}^2 - v_{\text{水}}^2} = \sqrt{4^2 - 3^2} \text{ m/s} = \sqrt{7} \text{ m/s}$, 当过河位移最短时, 小船过河的

时间为 $t' = \frac{d}{v'} = \frac{200}{\sqrt{7}} \text{ s} = \frac{200\sqrt{7}}{7} \text{ s}$.



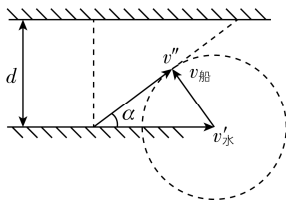
乙

(3) 若水流速度为 $v'_{\text{水}} = 6 \text{ m/s}$, 则 $v_{\text{船}} < v'_{\text{水}}$, 当船头方向 (即 $v_{\text{船}}$ 方向) 与合速度方向垂直时, 过河位移最短, 如图丙所示, 最短过河

大招攻略3 小船渡河模型

位移为 $l' = \frac{dv'_{\text{水}}}{v_{\text{船}}} = \frac{200 \times 6}{4} \text{ m} = 300 \text{ m}$, 这种情况下, 小船的合速度大

小为 $v'' = \sqrt{v_{\text{水}}'^2 - v_{\text{船}}^2} = \sqrt{6^2 - 4^2} \text{ m/s} = 2\sqrt{5} \text{ m/s}$, 过河时间为 $t'' = \frac{l'}{v''} = \frac{300}{2\sqrt{5}} \text{ s} = 30\sqrt{5} \text{ s}$.



丙



能力上分

1. A 【解析】在垂直河岸方向有 $d = \frac{1}{2}at^2$, 解得小船到达对岸的时间为 $t = 20 \text{ s}$, 故 A 正确; 在沿河岸方向, 有 $L = vt$, 解得水流速度大小为 $v = 1 \text{ m/s}$, 故 B 错误; 只增大水流速度, 垂直河岸的分运动不变, 即渡河时间不变, 故 C 错误; 只增大水流速度, 根据运动的合成, 可知小船到达对岸时的速度大小变大, 故 D 错误.

2. A 【解析】羽毛球上升阶段, 竖直方向的速度逐渐减小, 图像中图线的斜率逐渐减小, 在最高点, 竖直方向的速度为零, 即图线的斜率为零; 羽毛球下落阶段, 竖直方向的速度逐渐增大, 图线斜率的绝对值逐渐增大. 羽毛球上升阶段竖直方向的合力较大, 加速度较大, 根据匀变速直线运动的规律, 羽毛球上升阶段竖直方向的初速度大小大于下降阶段竖直方向的末速度大小, 即羽毛球上升阶段竖直方向的平均速度较大, 上升时间较短, 故 A 正确.

3. B 【解析】由题图(b)(c)可知,小车沿 y 轴正方向的运动为初速度为零的匀加速直线运动,加速度大小 $a_y = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 3 \text{ m/s}^2$,沿 x 轴正方向的运动也为初速度为零的匀加速直线运动,加速度大小满足 $x = \frac{1}{2} a_x t^2$,解得 $a_x = 4 \text{ m/s}^2$,所以小车的加速度大小为 $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 5 \text{ m/s}^2$,故 A 错误;根据 A 选项分析可知,小车做初速度为零的匀加速直线运动, $t = 3 \text{ s}$ 时刻小车的速度大小为 $v = at = 5 \times 3 \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}$,故 B 正确,D 错误;同理可得前 2 s 内小车的位移大小为 $x = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 2^2 \text{ m} = 10 \text{ m}$,故 C 错误.

4. AC 【解析】将车速 v 沿着细钢丝方向和垂直于细钢丝的方向分解,在沿着细钢丝方向的速度为 $v_{\text{丝}} = v \cos 37^\circ$,所以该时刻特技演员 B 上升的速度大小为 $v_{\text{人}} = v \cos 37^\circ = 4 \text{ m/s}$,故 A 正确,B 错误;设连接轨道车 A 的细钢丝与水平方向的夹角为 θ ,则特技演员 B 的速度大小为 $v_{\text{人}} = v \cos \theta$,轨道车 A 的速度不变, θ 逐渐变小,则特技演员 B 在加速上升,特技演员 B 处于超重状态,故 C 正确,D 错误.

5. B 【解析】小船船头始终垂直于河岸渡河,则渡河的时间 $t = \frac{d}{v_{\text{船}}} = \frac{300}{3} \text{ s} = 100 \text{ s}$,故 A 错误;小船渡河过程中当水流速度最大时

船的合速度最大,水流的最大速度为 $v_{\text{水max}} = \frac{2}{75} \times 150 \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$,

则小船渡河过程中的最大速度为 $v_{\text{max}} = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$,

注意:河水在中心处速度最大,在河岸处速度为零,船速为河水速度和船在静水中速度矢量和,最大速度在中心处.

故 B 正确;因 $v_{\text{水}} = \frac{2}{75}x \text{ (m/s)}$,而 $x = v_{\text{船}} t$,则 $v_{\text{水}} = \frac{2}{25}t \text{ (m/s)}$,即水流速度与时间呈线性关系,则当船从河岸到达另一河岸时沿水流方向的位移 $s = 2 \times \frac{1}{2} \times 50 \times \frac{2}{25} \times 50 \text{ m} = 200 \text{ m}$,小船到达对岸时

距出发点的距离为 $s' = \sqrt{300^2 + 200^2} \text{ m} = 100\sqrt{13} \text{ m}$,故 C 错误;

从河中心位置到对岸,小船沿水流方向做匀减速运动,垂直河岸方向做匀速运动,则合运动为匀变速曲线运动,故 D 错误.

专题上分 1 关联速度模型

1. D 【解析】两物体通过轻绳相连,沿绳方向速度大小相等,有

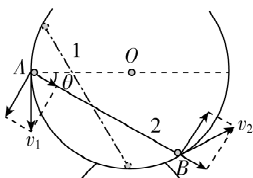
$v_1 \cos \alpha = v_B \cos \beta$,解得 B 物体的运动速度大小 $v_B = \frac{v_1 \cos \alpha}{\cos \beta}$,故 D

正确.

2. B 【解析】重物 B 的速度大小等于轻环 A 沿绳方向的速度大小,为 $v_B = v \cos \theta$,故 A 错误;轻环 A 运动到 N 位置时,根据 $v_B = v \cos \theta$, $\theta = 90^\circ$,解得 $v_B = 0$,即重物 B 的速度为零,故 B 正确;根据 $v_B = v \cos \theta$,轻环 A 匀速上升过程中, θ 变大,则重物 B 速度减小,即重物 B 减速下降,加速度方向向上,则绳对重物 B 的拉力大于重物 B 的重力,故 C、D 错误.

方法总结 研究与绳连接的物体的实际运动,根据合速度产生的实际效果,将合速度分解为沿绳方向的分速度和垂直于绳方向的分速度,因绳不可伸长,所以通过绳连接的物体沿绳方向的分速度大小相等.

3. D 【解析】如图所示,将小球 A 的速度 ($v_1 \perp OA$) 分解到沿着杆与垂直于杆方向,同时将小球 B 的速度 ($v_2 \perp OB$) 也分解到沿着杆与垂直于杆方向. 由于 A 、 B 两小球在同一条杆上,沿杆方向的分速度大小相等,则有 $v_1 \sin \theta = v_2 \sin \theta$, 所以 $v_1 = v_2$, 故 D 正确.

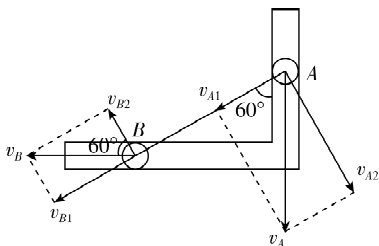


方法总结 杆的关联速度问题与绳的关联速度问题的分析方法相同,只要根据沿杆方向的分速度大小相等建立联系,就很容易求解.

4. A

攻略上分 A 、 B 之间用杆(玻璃门)连接,根据大招攻略 4 中的杆模型,速度可沿杆方向和垂直杆方向进行分解,其中沿杆方向速度大小相同,可得出两端点速度大小关系.

【解析】如图所示,



将 A 、 B 的速度分解为沿杆方向的速度和垂直杆方向的速度,

说明: 俯视图中 A 的实际速度方向沿竖直方向, B 的实际速度方向沿水平方向

沿杆方向的速度相等,可得 $v_A \cos 60^\circ = v_B \cos 30^\circ$, 解得 $v_B =$

$$\frac{\sqrt{3}}{6} \text{ m/s}, \text{故 A 正确.}$$

5. A

攻略上分 直杆和斜面体一起运动,符合接触类模型,根据大招攻略 4 关联速度模型中的接触类模型的解题思路,找到本题的速度关系,列式计算.

【解析】设斜面体倾角为 θ ,直杆和斜面体沿垂直于接触面方向的分速度大小相等,有 $v_Q \cos \theta = v_P \sin \theta$, 因为 $\tan \theta = \frac{H}{L}$, 则 $\frac{v_P}{v_Q} =$

$$\frac{\cos \theta}{\sin \theta} = \frac{1}{\tan \theta} = \frac{L}{H}, \text{故 A 正确.}$$

关键点拨 本题中斜面体的实际速度方向水平向右,杆的实际速度方向竖直向下,由于两物体直接接触,两物体的速度大小关系是垂直于接触面的分速度大小相等.

第3节 实验：探究平抛运动的特点



对点上分

1. **ABD** 【解析】如果没有空气阻力，纸飞机只受重力的作用，则纸飞机做抛体运动，**故 A 正确**；由于纸飞机运动过程中加速度不为零，速度的大小和方向时刻在改变，**故 B 正确**；要使纸飞机飞得更远，除了和抛出的角度有关，还与抛出的初速度大小有关，并且不是抛出的角度越大，纸飞机飞得更远，**故 C 错误**；根据运动的合成与分解可知，落地时的速度应是水平方向上速度和竖直方向上速度的合速度，纸飞机做的抛体运动可以分解为水平方向

→ **注意**：没有特别说明，一般做曲线运动物体的速度指的都是相对地面的实际速度

的匀速直线运动和竖直方向的匀变速直线运动，竖直方向由一定高度落到地面速度变大，水平方向速度不变，故纸飞机落地时的速度大小大于从手中抛出时的速度大小，**故 D 正确**。

方法总结

抛体运动是一种理想化的模型，只有物体具有一定的初速度，且只在重力作用下的运动才是抛体运动，如果初速度是水平方向的，则该运动为平抛运动。

2. **AD** 【解析】平抛运动的加速度为 g ，初速度方向与加速度方向垂直，是匀变速曲线运动，**故 A 正确**；根据 $\Delta v = g\Delta t$ 可知，做平抛运动的物体在任何两个相等的时间段内速度的变化量大小相等，方向相同，**故 B 错误**；两个质量不同的物体，同时从同一高度水平抛出，忽略空气阻力，则竖直方向的加速度相等，均为 g ，两物体同时落地，**故 C 错误**；两个质量不同的物体，从同一高度以大小不同的水平速度抛出，忽略空气阻力，则落地前瞬间的竖直速度 $v_y = \sqrt{2gh}$ ，可知，两物体落在水平地面前瞬间竖直方向

→ **注意**：落地时的竖直速度与质量无关
的速度相同，**故 D 正确**。

关键点拨

任何匀变速直线运动或匀变速曲线运动，根据 $\Delta v = a\Delta t$ 可知，任何两个相等的时间段内速度的变化量大小相等，方向相同。

3. **D** 【解析】改变小球距地面的高度和小锤击打的力度，多次重复这个实验，由于 A、B 下落高度相同，总是会观察到 A、B 同时落地；说明 A、B 在竖直方向有相同的运动情况，所以该实验是为

→ **说明**：控制变量法，说明 A、B 在竖直方向的运动规律与小锤击打的力度无关，与下落的高度有关

了研究平抛运动竖直分运动的特点，**故 D 正确**。

4. (1) C (2) a (4) B (5) 上

【解析】(1) 应选择质量大，体积小的小球，**故 A 错误**；实验中仅

→ **注意**：可减小空气阻力的影响

保证每次小球做平抛运动初速度大小相同即可，即应从斜槽轨道同一位置静止释放，**故 B 错误**；平抛运动初速度方向应保持水

→ **注意**：斜槽轨道不一定要光滑

平，**故 C 正确**；无需用秒表记录时间，**故 D 错误**。

注意: 斜槽轨道末端

说明: 通过频闪照相机

切线须水平, 保证小球能 可以得出时间

做平抛运动

(2) A 处照相机拍摄的是小球水平方向的运动, 因小球在水平方向上做匀速运动, 则对应频闪照片为图乙中的 a.

(4) 照片中小球两相邻位置的距离几乎均匀增大约 1 mm, 则实际增大 $\Delta y = \frac{20.50}{2} \times 1 \text{ mm} = 10.25 \text{ mm}$,

$$\Delta y = \frac{20.50}{2} \times 1 \text{ mm} = 10.25 \text{ mm},$$

$$\text{根据 } \Delta y = gT^2 = \frac{g}{f^2},$$

$$\text{解得 } f = \sqrt{\frac{g}{\Delta y}} = \sqrt{\frac{10}{10.25 \times 10^{-3}}} \text{ Hz} \approx 30 \text{ Hz}, \text{ 故 B 正确.}$$

(5) 由图丙可知, 当 $x=0$ 时 $y>0$, 图像不过原点的原因可能是所标的 O 点在小球球心位置的上方.

易错警示 计算频闪相机的频率, 要用实际的位移计算, 易错用照片中的距离计算.

5. (1) AC (2) b 小于 (3) 连接 A_0 、 C_0 两点, 过 B_0 点和 A_0C_0 连

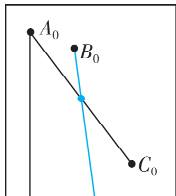
线的中点作直线, 即为竖直方向 (4) 0.1 $\frac{3\sqrt{5}}{2}$

【解析】(1) 为了减小实验误差, 降低空气阻力的影响, 应选用体积小、质量和密度均较大的小球进行实验, **故 A 正确**; 该实验要求小球每次抛出的初速度要相同而且为水平方向, 因此要求小球从同一位置由静止释放, 至于轨道是否光滑对结果没有影响, **故 B 错误**; 小球每次从同一位置由静止释放, 所做的运动几乎均为相同的平抛运动, 所以实验时多次释放小球, 其轨迹是基本重合的, **故 C 正确**.

(2) 根据题图甲可知斜槽末端向下倾斜, 为保证小球做平抛运动, 应调整轨道末端处于水平, 故应将轨道的上端向 b 方向调整. 若从轨道上同一位置释放小球, 则调整前轨道末端的高度会比调整后低一些, 所以调整后小球离开轨道末端的速度大小会小于调整前小球离开轨道末端的速度大小.

(3) 如图所示, 连接 A_0 、 C_0 两点, 过 B_0 点和 A_0C_0 连线的中点作直线, 即为竖直方向.

关键: 小球在水平方向上做匀速直线运动, 相同时间内运动位移相同, 即 A_0B_0 的水平距离与 B_0C_0 的水平距离相同



(4) 设 B 与 C、A 与 B 间的竖直位移之差为 Δy , 根据 $\Delta y = gT^2$,

$$\text{频闪照相机相邻闪光的时间间隔 } T = \sqrt{\frac{0.1}{10}} \text{ s} = 0.1 \text{ s},$$

$$\text{小球做平抛运动的水平初速度大小为 } v_0 = \frac{x}{T} = 3 \text{ m/s},$$

小球经过 B 点时竖直方向上分速度大小等于 AC 段竖直方向上的平均速度大小, 则 $v_{By} = \frac{y_{AC}}{2T} = 1.5 \text{ m/s}$,

小球经过 B 点时速度大小 $v_B = \sqrt{3^2 + 1.5^2} \text{ m/s} = \frac{3\sqrt{5}}{2} \text{ m/s}$.

6. (1) B (2) BD (3) 1.5 或 1.6 或 1.7 受空气阻力

【解析】(1) 为减小空气阻力对平抛运动的影响, 物体应选择体积小、密度大的材质. 小钢球密度大、体积小, 空气阻力相对重力可忽略, **故 B 正确**.

(2) 设 A 点坐标为 (x, y) , 由几何关系可得 $AB_1^2 = x^2 + (OB_1 - y)^2$, $AB_2^2 = x^2 + (OB_2 - y)^2$, 由题意可知, AB_1 、 AB_2 、 OB_1 、 OB_2 均已知, 联立可解得 x 、 y , 即可确定物体 A 的位置坐标, **故 B 正确**; 由平抛运动的位移公式可得 $x = v_0 t$, $y = \frac{1}{2} g t^2$, 由于重力加速度 g 未知, 故无法求得运动时间 t 及初速度 v_0 , **故 A、C 错误**; 由速度偏转角公式可得 $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$, 由位移偏转角公式可得 $\tan \beta = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$, 联立可得 $\tan \alpha = 2 \tan \beta = \frac{2y}{x}$, 可确定物体 A 此时的速度方向, **故 D 正确**.

(3) 数据的采集频率为 25 Hz , 时间间隔为 $T = 0.04 \text{ s}$, 水平方向为匀速直线运动, 图中相邻两个时间间隔内的水平位移为 0.12 m , 则初速度 $v_0 = \frac{0.12}{0.04 \times 2} \text{ m/s} = 1.5 \text{ m/s}$, 该实验测得当地的重力加速度偏小, 原因可能是物体受空气阻力, 竖直方向加速度小于 g .

【注意】问结果偏大偏小的原因, 一般来自于系统误差, 例如实验器材、装置、原理等引起的误差

【注意】问结果偏大偏小的原因, 一般来自于系统误差, 例如实验器材、装置、原理等引起的误差

【注意】问结果偏大偏小的原因, 一般来自于系统误差, 例如实验器材、装置、原理等引起的误差

第 4 节 抛体运动的规律



对点上分

1. C 【解析】小球做平抛运动, 在竖直方向上小球做自由落体运动, 有 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 解得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 可知, 小球的运动时间 t 与 v_0 无关, 与 h 有关, h 越大, 小球在空中运动时间越长, **故 A、B 错误**;

小球的水平位移 $x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 所以小球的水平位移与 h 和 v_0 都有关, **故 C 正确, D 错误**.

2. B 【解析】物体竖直方向做自由落体运动, 则有 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 物体在空中运动的时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.6 \text{ s}$, **故 A 错误**; 物体水平方向做匀速直线运动, 物体在空中运动的水平位移大小为 $x = v_0 t = 3 \text{ m}$, **故 B 正确**; 物体落地时竖直方向速度大小为 $v_y = g t = 6 \text{ m/s}$, 物体落地时瞬时速度的大小 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{61} \text{ m/s}$, **故 C 错误**; 物体落地瞬间的速度方向与水平方向夹角 α 的正切值 $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = 1.2$, **故 D 错误**.

方法总结 抛体运动的研究方法: 化曲为直

把复杂的曲线运动分解为水平方向和竖直方向的两个相对简单的直线运动, 分别进行研究.

3. AC 【解析】根据平抛运动水平方向的运动规律有 $x = v_0 t$, 根据

速度的分解有 $\tan \theta = \frac{v_0}{gt}$, 联立解得 $\tan \theta = \frac{v_0^2}{gx}$, 则 $\frac{v_{0A}^2}{gx \tan 30^\circ} = \frac{v_{0B}^2}{gx \tan 60^\circ} =$

$\frac{1}{3}$, 可知小球 A、B 被抛出时的初速度大小之比为 $\frac{v_{0A}}{v_{0B}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$, 故 A

正确, B 错误; 根据速度的分解可知 $v = \frac{v_0}{\sin \theta}$, 代入数据解得 $\frac{v_A}{v_B} =$

1, 故 C 正确, D 错误.

4. C 【解析】因为两个小球以相同大小的初速度 v_0 水平抛出, 且都落到倾角为 θ 的山坡上, 因此两个小球的位移与水平方向夹角都为 θ , 根据平抛运动的角度推论可知, 速度偏转角正切值是位移偏转角正切值的两倍, 因此两个小球落在山坡上时的速度偏转角也相等, 因此两个小球速度方向与山坡的夹角也相等, 即 $\alpha_1 = \alpha_2$, 故 C 正确.

5. D 【解析】设 P、O 高度差为 h_1 , Q、O 高度差为 h_2 , 根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 可得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 因为 $h_1 > h_2$, 所以 $t_1 > t_2$, 根据 $v_y = gt$, 可知两

球落入筒口时的竖直速度关系为 $v_{y1} > v_{y2}$, 水平速度 $v_x = v_0 = \frac{v_y}{\tan \theta}$,

θ 为速度方向与水平方向的夹角, 由题可知 $\theta_1 = \theta_2$, 可知两小球

抛出的速度关系为 $v_{01} > v_{02}$, 两小球落入筒口时的速度 $v = \frac{v_y}{\sin \theta}$, 可

知两小球落入筒口时的速度不相等, 故 A、B、C 错误; 因两球的速度偏转角相等, 根据 $\tan \theta = 2 \tan \alpha$, 可知两球的位移偏转角相

等, 则抛出点 P、Q 与 O 共线, 故 D 正确.

大招攻略 5 平抛的两个推论——从几何角度研究平抛

一题多解

证明 P、Q、O 三点共线也可以利用几何法: 速度方向相同即末速度平行, 平抛运动速度反向延长线过水平位移中点, 两球位移中点与 O 点共线, 故 P、Q、O 共线.

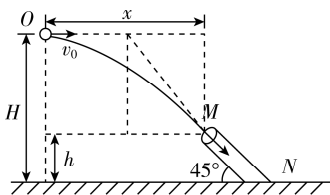
关键点拨

先判断出运动时间的长短, 才容易对速度大小进行比较分析.

6. A 【解析】由题意可知, 弹出后小球做平抛运动, 到管口 M 时的速度方向沿直管方向, 根据平抛运动特点可知, 小球任意时刻速度方向的反向延长线与此水平位移的中点相交, 如图所示, 根据几何关系得 $x = 2(H-h) = 1.6 \text{ m}$, 小球在竖直方向做自由落体

运动, 可得小球从 O 到 M 的运动时间为 $t = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} = 0.4 \text{ s}$,

水平方向做匀速直线运动, 有 $v_0 = \frac{x}{t} = 4 \text{ m/s}$, 故 A 正确.



7. (1) 7.5 m/s **(2)** $\frac{8}{3}$ **(3)** 3 m

【解析】(1) 由平抛运动规律有 $L \sin 53^\circ = \frac{1}{2} g t^2$, $L \cos 53^\circ = v_0 t$, 代入数据联立解得 $t = 2 \text{ s}$, $v_0 = 7.5 \text{ m/s}$.

(2) 设物品经过 M 点时速度的方向与水平方向间夹角为 α , 则有

$\tan \alpha = \frac{v_{My}}{v_{Mx}} = \frac{g t_1}{v'_0}$, 竖直方向位移与水平方向位移夹角的正切值为

$$\tan 53^\circ = \frac{y}{x} = \frac{\frac{1}{2} g t_1^2}{v'_0 t} = \frac{g t_1}{2 v'_0}, \text{ 则 } \tan \alpha = 2 \tan 53^\circ = \frac{8}{3}.$$

(3) 将初速度与重力加速度分别沿 PQ 方向和垂直 PQ 方向进行分解, 则物品在垂直 PQ 方向先做匀减速运动后做匀加速运动, 则当此方向的分速度减为 0 时, 物品距离 PQ 最远, 垂直 PQ 方向的分初速度大小为 $v_1 = v_0 \sin 53^\circ = 6 \text{ m/s}$, 垂直 PQ 方向的分加速度大小为 $g_1 = g \cos 53^\circ = 6 \text{ m/s}^2$, 则物品离 PQ 连线的最远距离为

$$s_{\max} = \frac{v_1^2}{2 g_1} = 3 \text{ m}.$$

8. D 【解析】运动员从最高点到落地点过程可视为平抛运动, 该

过程的水平位移 $x = 2L = v_0 t$, 竖直位移 $y = L = \frac{1}{2} g t^2$, 速度偏转角

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{g t}{v_0} = \frac{g t}{\frac{2L}{t}} = \frac{g t^2}{2L} = \frac{L}{L} = 1, \text{ 则 } \alpha = 45^\circ, \text{ 故 D 正确.}$$

9. C 【解析】网球在空中只受重力, 两次加速度均为 g , 故 A 错误;

设 A、A' 两点距离为 h , 第二次网球过 A 点后做平抛运动, 根据 $h =$

$$\frac{1}{2} g t_1^2, x = v t_1, \text{ 解得水平方向的速度为 } v = x \sqrt{\frac{g}{2h}}, \text{ 结合 } A'B =$$

$$2A'D, \text{ 可得第二次网球过 A 点的速度大小为 } v_x = \frac{1}{2} v_0, \text{ 所以网球}$$

点拔: 网球过 A 点后做平抛运动, 时间相同, 过 A 点的速度大小与水平位移大小成正比

第二次的初速度大小为 $v_2 = \frac{v_x}{\cos 53^\circ} = \frac{5v_0}{6}$, 故 B 错误; 第二次抛出的初

速度竖直分量 $v_y = v_2 \sin 53^\circ = \frac{2}{3} v_0$, 网球从 C 点到 A 点的时间 $t_2 =$

$$\frac{v_y}{g} = \frac{2v_0}{3g}, \text{ 则 A、C 两点间的水平距离为 } \Delta x = v_x t_2 = \frac{v_0^2}{3g}, \text{ 故 C 正确; 根}$$

据题意有 $\frac{1}{4} h = \frac{v_y^2}{2g}$, 即 $h = \frac{2v_y^2}{g} = \frac{8v_0^2}{9g}$, 则网球在 B 点时竖直方向的速度

大招攻略 6 对称性速解斜抛运动

度为 $v_{By} = \sqrt{2gh} = \frac{4}{3} v_0$, 又水平方向的速度为 $v_{Bx} = v_0$, 故网球在 B

点的速度大小为 $v_B = \sqrt{v_{Bx}^2 + v_{By}^2} = \frac{5}{3} v_0$, 故 D 错误.

知识拓展 斜抛运动中逆向思维法的应用

在解决斜抛运动上升阶段的问题时, 我们可以把它视为逆向的平抛运动. 斜抛运动的初速度大小等价于平抛运动的末速度大小, 斜抛运动到达最高点的速度大小等价于平抛运动的初速度大小. 对于完整的斜抛运动, 根据对称性可看作由两个相同的平抛运动组合而成, 利用平抛运动规律, 从而使问题得到快速解决.



能力上分

1. A 【解析】平抛运动可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. 由 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$, 结合图像的信息知, $t = 4 \text{ s}$ 时, $\tan \theta = 8$, 故有 $v_0 = 5 \text{ m/s}$, 故 A 正确, B 错误; 第 1 s 末竖直方向上的速度为 $v_y = gt = 10 \times 1 \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$, 物体初速度大小为 5 m/s , 第 1 s 末物体的速度大小为 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{5^2 + 10^2} \text{ m/s} = 5\sqrt{5} \text{ m/s}$, 故 C、D 错误.

2. AC 【解析】小球在水平方向做匀速直线运动, 则有 $v_B \cos 60^\circ =$

$v_1 \cos 30^\circ$, 解得 B 点的速度大小为 $v_B = \sqrt{3} v_1$, 故 A 正确; 小球在竖直方向做自由落体运动, 则 A 点到 B 点所用时间为 $t = \frac{v_B \sin 60^\circ - v_1 \sin 30^\circ}{g} = \frac{v_1}{g}$, 小球从 A 点到 B 点的速度变化量大小

为 $\Delta v = gt = v_1$, 故 B、D 错误; A 点到 B 点的水平距离为 $x =$

$v_1 \cos 30^\circ \cdot t = \frac{\sqrt{3} v_1^2}{2g}$, A 点到 B 点的竖直距离为 $y =$

$\frac{v_B \sin 60^\circ + v_1 \sin 30^\circ}{2} \cdot t = \frac{v_1^2}{g}$, 则 A 点到 B 点的距离为 $s =$

$\sqrt{x^2 + y^2} = \frac{\sqrt{7} v_1^2}{2g}$, 故 C 正确.

注意: 根据竖直方向的运动求小球从 A 到 B 的时间为 $\Delta v = gt = v_1$, 故 B、D 错误; A 点到 B 点的水平距离为 $x =$

3. C 【解析】由题意可知甲的水平位移与乙的水平位移的关系为

$v_{x1} \times t_1 = 4 \times v_{x2} \times \frac{t_2}{2}$, 其中 $\frac{t_2}{2} = t_1$, 两球均在最高点时有最小速度, 可

得甲球的最小速度与乙球的最小速度的关系为 $v_{x1} = 4v_{x2}$, 故 B 错

误; 在落地瞬间, 甲的竖直速度为 $v_{y1} = g \times \frac{t_1}{2}$, 乙的竖直速度为

$v_{y2} = g \times \frac{t_2}{2}$, 可得 $v_{y2} = 2v_{y1}$, 根据速度的合成与分解, 对甲有 $\tan \theta_1 =$

$\frac{v_{y1}}{v_{x1}}$, 对乙有 $\tan \theta_2 = \frac{v_{y2}}{v_{x2}}$, 联立解得 $\frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2} = \frac{1}{8}$, 故 A 错误; 从抛出到

落地的速度变化量 $\Delta v = gt$, 所以从抛出到落地甲、乙两球速度的

变化量之比为 $\frac{\Delta v_1}{\Delta v_2} = \frac{1}{2}$, 故 C 正确; 小球离地面的最大高度 $h =$

$\frac{1}{2} g \left(\frac{t}{2} \right)^2$, 则甲球离地面的最大高度与乙球离地面的最大高度

之比为 $\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{4}$, 故 D 错误.

4. B 【解析】对小球受力分析, 可知小球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 $a' = 5 \text{ m/s}^2$, 方向沿斜面向下, 小球从 B 到 D 做类平抛运动, 水平方向有 $x = v_0 t$,

沿斜面向下方向有 $y = \frac{1}{2} a' t^2$, 联立解得 $t = 1 \text{ s}$, $v_0 = 2.5 \text{ m/s}$, 故 A

错误, B 正确; 在 D 点, 沿斜面向下方向有 $v_y = a' t = 5 \text{ m/s}$, 小球在

D 点的速度大小为 $v_D = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \frac{5}{2} \sqrt{5} \text{ m/s}$, 故 C 错误; 小球速度

的变化量大小为 $\Delta v = v_y = 5 \text{ m/s}$, 故 D 错误.

易错分析 类平抛运动中对加速度理解错误导致计算出错

把平抛模型进行迁移是解答本题的关键, 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沿水平方向的匀速直线运动和沿斜面向下的加速度 $a' = g \sin \theta$ 、初速度为零的匀加速直线运动.

5. B 【解析】竖直方向上, 根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 可知小球竖直位移越大, 运动时间越长, 所以三个小球做平抛运动时间的大小关系为 $t_1 = t_3 < t_2$, 故 A 错误; 三个小球下落相同高度的情况下, C 小球抛得最远, A 小球抛得最近, 由 $x = vt$ 知, 平抛初速度大小满足 $v_1 < v_2 < v_3$, 故 B 正确; 做平抛运动的物体, 在某点的瞬时速度反向延长线过此时水平位移的中点, 小球落在 C 点时的瞬时速度方向若与过 C 点的切线垂直, 则速度反向延长线交于球心 O 点, 并不是水平位移中点, 小球落在 C 点时的瞬时速度方向不可能与过 C 点的切线垂直, 故 C 错误; 小球落在 B 点时, 位移与水平方向的夹角为 45° , 设此时速度与水平方向夹角为 α , 根据平抛运动速度偏转角与位移偏转角的关系, 得 $\tan \alpha = 2 \tan 45^\circ = 2 > \tan 60^\circ = \sqrt{3}$, 即速度与水平方向的夹角大于 60° , 故 D 错误.

注意说明 (1) 速度偏转角的正切值是位移偏转角正切值的二倍, 偏转角不是二倍关系.

(2) 做题时, 在图中要能找到三个重要的物理量: 偏转距离、速度偏转角和位移偏转角.

专题上分 2 抛体运动的综合应用

1. C 【解析】飞镖做平抛运动, 竖直方向有 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 可得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 则三次飞镖在空中的时间之比为 $t_1 : t_2 : t_3 = \sqrt{h_1} : \sqrt{h_2} : \sqrt{h_3} = \sqrt{1} : \sqrt{4} : \sqrt{9} = 1 : 2 : 3$, 根据 $x = v_0 t$, 由于水平位移相等, 可得 $v_1 : v_2 = t_2 : t_1 = 2 : 1$, $v_1 : v_3 = t_3 : t_1 = 3 : 1$, 则有 $v_1 : v_2 : v_3 = 6 : 3 : 2$, 故 C 正确.

方法总结 从同一高度水平抛出的物体, 在遇到同一竖直面时, 由于初速度不同, 导致落点位置不同, 但是它们的水平位移相同, 运动时间为 $t = \frac{x}{v_0}$.

2. A 【解析】飞镖做平抛运动, 由平抛运动的特点知 $h = \frac{1}{2}gt^2$, $x = vt$, 解得飞镖飞行时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 飞镖初速度 $v = x \sqrt{\frac{g}{2h}}$, 根据 $h_O = h_P < h_Q$ 可知, $t_O = t_P < t_Q$, 射中 O、P 两点的飞镖空中飞行时间相等, 射中 Q 点的飞镖空中飞行时间最长, 由 $x_O = x_Q < x_P$, $t_O = t_P < t_Q$, 可得 $v_Q < v_O < v_P$, 即射中 Q 点的飞镖射出时的速度最小, 射中 P 点的飞镖射出时的速度最大, 故 A 错误, B、C、D 正确.

3. C 【解析】物体垂直撞在斜面上,根据速度分解有 $v_y = \frac{v_0}{\tan \theta} = gt$,

解得 $t = \sqrt{3}$ s,故 A、B 错误;结合上述分析可知,物体撞击斜面

时的速度大小为 $v = \frac{v_0}{\sin \theta} = 20$ m/s,故 C 正确;物体做平抛运动,

竖直方向的分运动为自由落体运动,则有 $h = \frac{1}{2}gt^2$,结合上述

分析解得 $h = 15$ m,故 D 错误.

4. AC 【解析】若 $v_0 = 10\sqrt{3}$ m/s,假设小球落在斜面上,有 $\tan 30^\circ =$

$\frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$,解得 $t = 2$ s,沿斜面下落距离 $l = \frac{v_0 t}{\cos 30^\circ} = 40$ m = AO,

假设成立,可知小球恰好击中斜面上的 O 点,故 A 正确;若 $v_0 =$

$5\sqrt{3}$ m/s,根据 $\tan 30^\circ = \frac{gt}{2v_0}$,则时间变为 $t' = 1$ s,根据 $l' = \frac{v_0 t'}{\cos 30^\circ}$,

可知 $l' = 10$ m,即小球没有恰好击中斜面上 AO 的中点,故 B 错

误;若小球能落入水中,则竖直位移相同,竖直速度相同,根据

$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0}$,则 v_0 越大,落水时速度方向与水平面的夹角越小,故

C 正确,D 错误.

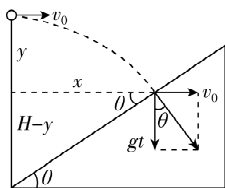
5. B 【解析】由题意可知,若游戏成功,则小球垂直射到斜面上,如

图所示,则有 $\tan 37^\circ = \frac{v_0}{gt}$,又因为小球从离地面高 $H = 1.7$ m 处

注意: 分解速度,利用斜面倾角关系找到速度关系,斜面倾角并非速度偏转角

抛出,根据几何关系可知 $H - y = x \tan 37^\circ$,其中 $y = \frac{1}{2}gt^2$, $x = v_0 t$,联

立解得 $t = 0.4$ s, $v_0 = 3$ m/s,故 B 正确.



6. D 【解析】将物体在空中的运动分解为垂直斜面的分运动和沿

斜面的分运动,则物体在空中运动的时间为 $t = 2 \frac{v_0}{g \cos \alpha}$,可知将

初速度增大为原来的两倍,物体在空中运动的时间是原来的两

倍,故 A 错误;从抛出到落回斜面,物体的位移为 $x = \frac{1}{2}g \sin \theta \cdot$

t^2 ,将初速度增大为原来的两倍,由于物体在空中运动的时间是

原来的两倍,则物体的位移是原来的四倍,故 B 错误;物体抛出

后到落回斜面的过程中,只受重力,加速度不变,大小为 g ,故 C

错误;设物体落到斜面的速度方向与斜面的夹角为 θ ,则有

$\tan \theta = \frac{v_0}{g \sin \theta \cdot t}$,将初速度增大为原来的两倍,物体在空中运

动的时间是原来的两倍,则 $\tan \theta$ 保持不变,即物体两次落到斜面的

速度方向相同,故 D 正确.

7. (1) 8 m/s (2) 0.8 s 5 m (3) 6 m/s

【解析】(1) 设运动员到达 B 点时的竖直分速度为 v_y ,则有 $v_y =$

$$gt_1 = 6 \text{ m/s},$$

由几何关系可得运动员到达 B 点的速度方向与水平方向夹角为 $\theta = 37^\circ$,

$$\text{由平抛运动规律有 } \tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{3}{4},$$

大招攻略 7 斜面平抛运动——三种与斜面有关的抛体模型

解得 $v_0 = 8 \text{ m/s}$.

$$(2) \text{ 设 } A、B \text{ 两点的竖直高度差为 } h_1, \text{ 则有 } h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 = 1.8 \text{ m},$$

设运动员以 $\frac{3}{8}v_0$ 的速度从 B 点做平抛运动到 C 点的水平位移大

$$\text{小为 } x_2, \text{ 竖直位移为 } h_2, \text{ 则有 } h_2 = \frac{1}{2}gt_2^2, x_2 = \frac{3}{8}v_0t_2,$$

$$\text{由几何关系得 } \tan 53^\circ = \frac{h_2}{x_2},$$

$$\text{解得 } t_2 = 0.8 \text{ s}, h_2 = 3.2 \text{ m},$$

$$\text{则水平高台的高度 } H = h_1 + h_2 = 5 \text{ m}.$$

$$(3) \text{ 运动员从 } A \text{ 到 } B \text{ 的水平位移 } x_1 = v_0t_1 = 4.8 \text{ m},$$

$$\text{运动员从 } B \text{ 点到达 } D \text{ 点时, } v_1 \text{ 最大, 则 } x_1 = v_{1\max}t_2,$$

$$\text{解得 } v_{1\max} = 6 \text{ m/s}.$$

8. B 【解析】平抛运动的时间由下落的高度决定,若两小球分别落到斜面和圆弧面等高位置,则两小球做平抛运动的时间相同,故 **A 错误**;若两小球分别落到斜面和圆弧面等高位置,则做平抛运动的时间相同,两小球在空中的加速度相同,速度变化量为 $\Delta v = gt$,由此可知,两小球速度变化量相同,故 **B 正确**; $a、b$ 两个小球分别落到斜面上不同位置时,根据平抛运动规律可知 $y = \frac{1}{2}gt^2$,

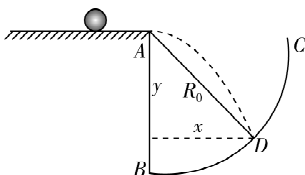
$$x = v_0t, \text{ 斜面的倾角为位移偏转角, 则 } \tan 45^\circ = \frac{y}{x}, \text{ 联立可得}$$

$$\tan 45^\circ = \frac{gt}{2v_0}, \text{ 设速度偏转角为 } \theta, \text{ 则有 } \tan \theta = \frac{gt}{v_0} = 2\tan 45^\circ, \text{ 由于}$$

两小球落在斜面上位移偏转角相等,即速度偏转角也相等,所以速度方向相同,故 **C 错误**;小球落在圆弧面上时,其速度方向若与该处圆的切线垂直,则速度的反向延长线一定过圆心,又因为平抛运动中速度的反向延长线过水平位移的中点,则水平位移为 $2R$,竖直位移为 0 ,与实际运动情况不符,故 **D 错误**.

9. BD 【解析】设 $\angle BAD = \theta$,则平抛运动位移的偏转角为 $\alpha = 90^\circ - \theta$,当速度的偏转角为 β 时,根据平抛运动的推论,可得 $\tan \beta = 2\tan \alpha$,综合可得 $\tan \theta \tan \beta = 2$,故 **A 错误**;小球从 A 到 D ,由平抛运动的规律可得 $y = \frac{1}{2}gt_0^2, x = v_0t_0$,由几何关系可得 $x^2 + y^2 = R_0^2$,

大招攻略 8 曲面平抛运动——曲面约束下的平抛运动

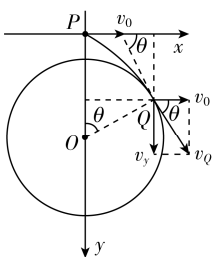


综合解得 $v_0 = \frac{\sqrt{4R_0^2 - g^2 t_0^4}}{2t_0}$, 故 B 正确; 若让小球从 A 点以不同初

速度 v_0 水平向右抛出, 由平抛运动的规律可得小球刚到达某点 P 时的速度为 $v_P = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$, 结合 $x = v_0 t, y = \frac{1}{2}gt^2, x^2 + y^2 = R_0^2$, 综合可得 $v_P = \sqrt{\frac{R_0^2}{t^2} + \frac{3g^2 t^2}{4}}$, 由数学知识可得 $v_P = \sqrt{\frac{R_0^2}{t^2} + \frac{3g^2 t^2}{4}} \geq \sqrt{2\sqrt{\frac{R_0^2}{t^2}}\sqrt{\frac{3g^2 t^2}{4}}} = \sqrt{\sqrt{3}gR_0}$, 则 v_P 的最小值为 $\sqrt{\sqrt{3}gR_0}$, 故 C 错误, D 正确.

10. (1) $\frac{v_0 \tan \theta}{g}$ (2) $\frac{v_0^2 \tan^2 \theta}{2g} - \frac{v_0^2}{g \cos \theta} + \frac{v_0^2}{g}$

【解析】(1) 设小球在 Q 点时的速度为 v_Q , 竖直方向的速度为 v_y , 如图所示, 根据几何关系可得小球在 Q 点速度与水平方向间的夹角为 θ , 则 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0}$, 可得 $v_y = v_0 \tan \theta$, 小球做平抛运动, 竖直方向为自由落体运动, 有 $v_y = gt$, 解得小球从 P 运动到 Q 的时间



$$t = \frac{v_0 \tan \theta}{g}.$$

(2) 小球做平抛运动, 在水平方向做匀速直线运动, 有 $x = v_0 t = \frac{v_0^2 \tan \theta}{g}$, 由几何关系可得 $R = \frac{x}{\sin \theta} = \frac{v_0^2}{g \cos \theta}$, 竖直方向位移 $y = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{v_0^2 \tan^2 \theta}{2g}$, 小球的初始位置 P 点到圆柱体最高点的高度 $H = y - R(1 - \cos \theta)$, 联立可得 $H = \frac{v_0^2 \tan^2 \theta}{2g} - \frac{v_0^2}{g \cos \theta} + \frac{v_0^2}{g}$.

专题上分 3

平抛运动的相遇、临界与空间问题

1. D 【解析】两球在竖直方向上均做自由落体运动, 同时抛出的高度不同, 则在空中不可能相遇, 故 A 错误; 根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 可知 B 比 A 先落地, 故 B 错误; 根据 $x = v_0 t$, A 球水平位移小, 运动时间长, 则 A 的初速度比 B 的小, 故 C 错误; 两球位移大小均为 $s = \sqrt{l^2 + (2l)^2} = \sqrt{5}l$, 故 D 正确.

2. D 【解析】设沙包 b 下落时间为 t , 则沙包 a 下落时间为 $(t + 0.5 \text{ s})$, A 处比 B 处高 $\Delta h = \frac{1}{2}g(t + 0.5 \text{ s})^2 - \frac{1}{2}gt^2$, 由此可知 $\Delta h > 1.25 \text{ m}$, 故 A 错误; 根据平抛运动在竖直方向上的分运动为自由落体运动, 可知在落地前两沙包不会相遇, 故 B 错误; 由于 a、b 的速度方向与竖直方向夹角相等, 则 $\frac{g(t + 0.5 \text{ s})}{v_a} = \frac{gt}{v_b}$, A、B 的水

平距离为 $x = v_a(t + 0.5 \text{ s}) + v_b t$, 由此可知, 需要已知任意一个沙包的下落时间和初速度, 平抛运动的下落时间可由高度求出, **故 C 错误, D 正确.**

3. AD 【解析】两球加速度均为重力加速度, 且运动时间相同, 则速度变化量大小相同, **故 A 正确**; 两球相遇时间为 $t = \frac{v}{g}$, 对于小球 S_1 有 $\tan \theta = \frac{gt}{v} = 1$, 即相遇时小球 S_1 的速度方向与水平方向夹角为 45° , **故 C 错误**; 相遇时, 小球 S_1 竖直方向的位移大小为 $h_1 = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{v^2}{2g}$, 小球 S_2 竖直方向的位移大小为 $h_2 = \frac{v}{2}t = \frac{v^2}{2g}$, 可知相遇时两球竖直方向的位移大小相等, 则相遇点在 N 点上方 $\frac{h}{2}$ 处, **故 B 错误**; M 、 N 间的距离为 $x = vt = \frac{v^2}{g}$, 又 $h = 2 \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{v^2}{g}$, 则有 $x = h$, **故 D 正确.**

4. ABD 【解析】海豚若能顶到球, 则水平方向 $H = v_0 \cos \theta \cdot t$, 竖直方向 $H = \frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 = v_0 \sin \theta \cdot t$, 可知 $\tan \theta = 1$, 则 $\theta =$

速解: 以球为参考系, 海豚水平方向向右做匀速直线运动 $H = v_0 \cos \theta \cdot t$, 竖直方向向上做匀速直线运动 $H = v_0 \sin \theta \cdot t$

45° , **故 C 错误, D 正确**; 海豚在落水前所经历的时间为 $t_0 = \frac{2v_0 \sin \theta}{g}$, 故若海豚落水时恰好顶到球, 则有 $H = v_0 \cos \theta \cdot t_0 =$

$v_0 \cos \theta \cdot \frac{2v_0 \sin \theta}{g} = \frac{v_0^2}{g}$, 解得 $v_0 = \sqrt{gH}$, 故当 $v_0 \geq \sqrt{gH}$ 时, 海豚可

关键: 海豚与球相遇时, 水平位移为 H , 竖直方向上与球的位移之和为 H , 刚好顶到球, 则在最低点相遇以顶到球, 则**故 A、B 正确.**

方法总结 抛体运动相遇的解题方法

1. 常规方法

抓住两物体相关联的时间和空间的关系, 并注意运用各自所遵循的运动规律列方程, 特别注意两个物体的时间和空间的关联方程.

2. 巧选参考系法

由于两物体都只受重力作用, 因此选做自由落体运动的物体为参考系, 则另一物体做匀速直线运动, 此法可大大简化解题过程.

5. (1) 6 s (2) 1 200 m (3) 50 m/s

【解析】(1) 根据 $H = \frac{1}{2}gt^2$, 得 $t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 180}{10}} \text{ s} = 6 \text{ s}.$

(2) 水平方向上炸弹做匀速直线运动, 故飞机投下炸弹时距目标 P 的水平距离为 $x = v_1 t = 200 \times 6 \text{ m} = 1\,200 \text{ m}.$

(3) 拦截到炸弹时所经历的时间 $t' = \frac{s}{v_1} = \frac{720}{200} \text{ s} = 3.6 \text{ s}$, 则竖直方向上有 $\frac{1}{2}gt'^2 + v_0 t' - \frac{1}{2}gt'^2 = H$, 解得 $v_0 = \frac{H}{t'} = \frac{180}{3.6} \text{ m/s} = 50 \text{ m/s}.$

6. A



攻略上分

小面片刚好从锅的左边缘进入锅中和小面片刚好从锅的右边缘进入锅中为此题的两个临界情况,由大招攻略9分别对这两种情况下的平抛运动进行分析即可.

【解析】面片飞行过程中水平方向做匀速直线运动,若先飞出的面片初速度较大,则空中相邻两个面片飞行过程中水平距离逐渐变大,故 A 正确;掉落位置不相同的小面片,下落高度相同,由

$h = \frac{1}{2}gt^2$ 可知,下落的时间相等,由 $\Delta v = gt$ 可知,从抛出到落水

前瞬间速度的变化量相同,故 B 错误;由 $L = \frac{1}{2}gt^2$ 可知,下落时

间为 $t = \sqrt{\frac{2L}{g}}$,水平位移的范围为 $L < x < 3L$,则初速度大小的取值

大招攻略9 平抛临界条件——临界条件的提取与使用方法

范围为 $\frac{L}{t} < v_0 < \frac{3L}{t}$,可得 $\sqrt{\frac{gL}{2}} < v_0 < \sqrt{\frac{9gL}{2}}$,落入锅中时的竖直分

速度为 $v_y = \sqrt{2gL}$,则落入锅中时,最大速度 $v_{\max} = \sqrt{2gL + \frac{9gL}{2}} =$

$\sqrt{\frac{13gL}{2}}$,最小速度为 $v_{\min} = \sqrt{2gL + \frac{gL}{2}} = \sqrt{\frac{5gL}{2}}$,可知面片落入锅

中时,最大速度不是最小速度的3倍,故 C、D 错误.

7. A 【解析】由平抛运动的规律可知,两次乒乓球分别被击出至各自第一次落地的时间是相等的,由于乒乓球与桌面碰撞后速度大小不变,设第一球自击出到落到 A 点的时间为 t_1 ,第二球自击出到落到 A 点的时间为 t_2 ,则 $t_1 = 3t_2$,由于两次乒乓球在水平方向均为匀速运动,水平位移大小相等,设它们从 O 点出发时的

初速度大小分别为 v_1 、 v_2 ,由 $x = v_0t$,得 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{3}$,设两次乒乓球从 O

点到 C 点时间分别为 T_1 、 T_2 ,由于两次乒乓球从 O 点到 C 点水平距离相等,则 $T_1 = 3T_2$,第二次乒乓球在 CA 段运动时间为 $t_2 - T_2$,等于第一次乒乓球在 BC 段运动时间,由两球从 O 到 C 的水平距离相等,得 $v_1(t_2 + t_2 - T_2) = v_2T_2$,解得 $t_2 = 2T_2$,则 O 点到桌面的高度

$H = \frac{1}{2}g(2T_2)^2$,C 点到桌面的高度 $h = \frac{1}{2}g(2T_2)^2 - \frac{1}{2}gT_2^2$,所

以 $\frac{h}{H} = \frac{3}{4}$,故 A 正确.

8. (1) $3\sqrt{10}$ m/s (2) $3\sqrt{10}$ m/s $< v \leq 12\sqrt{2}$ m/s (3) 2.13 m

【解析】(1)排球被水平击出后,做平抛运动,作出如图 1 所示的示意图,

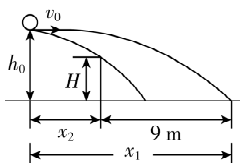


图 1

若球正好压在底线上,根据 $h_0 = \frac{1}{2}gt_1^2$,球在空中飞行的时间为 $t_1 =$

大招攻略9 平抛临界条件——临界条件的提取与使用方法

$\sqrt{\frac{2h_0}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.5}{10}} \text{ s} = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ s}$,由此得排球不出界的临界击球速度为

$$v_1 = \frac{x_1}{t_1} = \frac{12}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \text{ m/s} = 12\sqrt{2} \text{ m/s}, \text{ 若球恰好触网, 根据 } h_0 - H = \frac{1}{2}gt_2^2,$$

大招攻略 9 平抛临界条件——临界条件的提取与使用方法

$$\text{则球在球网上方运动的时间为 } t_2 = \sqrt{\frac{2(h_0 - H)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times (2.5 - 2)}{10}} \text{ s} = \frac{\sqrt{10}}{10} \text{ s}, \text{ 由此求得排球不触网的临界击球速度为 } v_2 = \frac{x_2}{t_2} = \frac{3}{\frac{\sqrt{10}}{10}} \text{ m/s} = 3\sqrt{10} \text{ m/s}.$$

(2) 要使排球既不触网又不出界, 水平击球速度 v 的取值范围为 $3\sqrt{10} \text{ m/s} < v \leq 12\sqrt{2} \text{ m/s}$.

(3) 设击球点的高度为 h , 当 h 较小时, 击球速度过大会出界, 击球速度过小又会触网, 此时临界情况是球刚好擦网而过, 落地时又恰好落到底线上, 如图 2 所示,

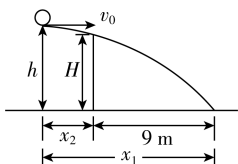


图 2

$$\text{则有 } \frac{x_1}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{x_2}{\sqrt{\frac{2(h-H)}{g}}}, \text{ 解得 } h \approx 2.13 \text{ m}, \text{ 即击球高度低于此值}$$

时, 球不是触网就是出界.

易错分析 没有找准临界条件导致计算错误

对有障碍物的平抛运动, 要分析清楚障碍物对平抛运动的水平位移及竖直位移的影响, 若找不准临界条件则容易造成错解. 此题中排球要既不触网又不出界, 即水平位移小于或等于 12 m、竖直位移大小为 h_0 时, 可求得初速度的最大值, 同时还需满足排球恰好擦网飞过, 水平位移大小为 3 m、竖直位移大小为 $(h_0 - H)$ 时, 可求得初速度的最小值.

9. D 【解析】小球做斜抛运动, 落在挡板上与 A 点等高处的运动

$$\text{时间 } t = \frac{2v_0 \sin 45^\circ}{g}, \text{ 水平分位移 } x = v_0 t \cos 45^\circ = \frac{v_0^2}{g}, \text{ 则 } x_m = \frac{v_{0m}^2}{g} =$$

$$10 \text{ m}, \text{ A 点到挡板的距离 } x_0 = \frac{4}{3}h = 8 \text{ m}, \text{ 则挡板上与 A 点等高的}$$

$$\text{可能落点构成的线段长度 } d = 2\sqrt{x_m^2 - x_0^2} = 12 \text{ m}, \text{ 故 D 正确.}$$

第 3~4 节 节测上分

1. D 【解析】飞机沿水平方向做匀速直线运动, 释放的铁球做平抛运动, 铁球水平方向做与飞机速度相同的匀速运动, 所以着地前, 铁球总是位于飞机的正下方; 铁球竖直方向做自由落体运动, 相同时间内的下落高度越来越大, 即相邻铁球间的距离越来越大, 由 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 可求出铁球落地时间 $t = 10 \text{ s}$, 故释放第五个铁球时, 第一个铁球恰好落地, 故 D 正确.

2. C 【解析】铅球的速度大小为 $v = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$, 可知 $v-t$ 图像不符

合一次函数,故 A 错误;根据 $y = \frac{1}{2}gt^2$ 可知, $y-t$ 图像是开口向上的抛物线,故 B 错误;根据 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$,可知 $\tan \theta-t$ 图像符合正比例函数,故 C 正确;根据 $\tan \alpha = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$,可知 $\tan \alpha-t$ 图像符合正比例函数,故 D 错误。

3. B 【解析】将水柱的运动反向看作平抛运动分析,由水柱竖直方向的运动,可得 $d \sin 78^\circ = \frac{1}{2}gt^2$,解得水柱从发射到击中昆虫的时间为 $t = 0.4 \text{ s}$,故 A 错误;由水柱水平方向做匀速直线运动,可得 $d \cos 78^\circ = v_{0x}t$,解得初速度的水平分速度 $v_{0x} = 0.42 \text{ m/s}$,则击中昆虫时水柱速度大小为 0.42 m/s ,故 B 正确;由水柱运动的逆过程为竖直方向的自由落体运动,可得初速度的竖直分速度 $v_{0y} = gt = 3.92 \text{ m/s}$,根据速度的合成,可得斜向上射出的水柱的初速度大小为 $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} \approx 3.94 \text{ m/s}$,故 C 错误;根据平抛运动速度偏转角与位移偏转角的关系可知,斜向上射出的水柱,初速度与水平方向夹角大于位移与水平方向的夹角,则斜向上射出的水柱,初速度与水平方向夹角大于 78° ,故 D 错误。

4. BD 【解析】设箭抛出点离壶口的竖直高度为 h 、水平距离为 x ,箭尖插入壶中时速度与水平面的夹角为 θ . 箭在空中做平抛运动,根据推论:速度的反向延长线过水平位移的中点,则 $\tan \theta = \frac{\frac{h}{2}}{\frac{x}{2}} = \frac{2h}{x}$, x 相等, h 越大, θ 越大,则甲投箭的位置比乙的高,根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可知,甲所投的箭在空中运动的时间比乙的长,故 B 正确, C 错误;由 $x = v_0 t$ 可知, x 相等,甲所投的箭在空中运动的时间比乙的长,则甲所投的箭的初速度比乙的小,故 A 错误;速度变化量 $\Delta v = gt$,甲所投的箭在空中运动的时间比乙的长,则甲所投的箭的速度变化量比乙的大,故 D 正确。

5. BC 【解析】由题意可知,两球下落的高度是相等的,根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$,可知甲、乙两球落到轨道上的时间是相等的,故甲、乙两球同时落到轨道上,又 $\Delta v = gt$,甲、乙两球的速度变化量大小相等,故 A 错误, C 正确;设半圆形轨道的半径为 R ,则甲球的水平位移为 $x_1 = R - R \sin 30^\circ = 0.5R$,乙球的水平位移为 $x_2 = R + R \sin 30^\circ = 1.5R$,可得 $x_2 = 3x_1$,因两球在水平方向上做匀速直线运动且运动时间相同,则有 $v_1 : v_2 = 1 : 3$,故 B 正确;设乙球在 D 点速度偏转角为 α ,有 $\tan \alpha = \frac{gt}{v_2}$,设乙球在 D 点位移偏转角为 θ ,有 $\tan \theta = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_2 t} = \frac{gt}{2v_2}$,可见 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$,即乙球在 D 点速度反向延长线过水平位移的中点,所以乙球在 D 点速度的反向延长线不过 O 点,故 D 错误。

6. AC 【解析】设小球从 A 到 B 、从 B 到 C 的竖直位移分别为 y_1 、 y_2 ,由于从 A 到 B 、从 B 到 C 的时间间隔相同

(均为 $2T, T = \frac{1}{f} = 0.1 \text{ s}$), 故水平位移相同, 设为 x , 则 $y_1 = \frac{1}{2}g(2T)^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.2^2 \text{ m} = 0.2 \text{ m}, x = v_0 \cdot 2T, \tan \alpha = \frac{y_1}{x} = 1$, 解得 $v_0 = 1 \text{ m/s}$, 线段 AB 的长度为 $x_{AB} = \sqrt{y_1^2 + x^2} = \frac{\sqrt{2}}{5} \text{ m}$, 故 **A 正确**, **B 错误**; 从 A 到 C 的竖直位移为 $y = \frac{1}{2}g(4T)^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.4^2 \text{ m} = 0.8 \text{ m}$, 则 $y_2 = y - y_1 = 0.6 \text{ m}$, 则线段 BC 的长度为 $x_{BC} = \sqrt{y_2^2 + x^2} = \frac{\sqrt{10}}{5} \text{ m}$, 故 **C 正确**; 小球在 B 点时的竖直速度大小为 $v_{By} = g \cdot 2T = 2 \text{ m/s}$, 则小球在 B 点时的速度大小为 $v_B = \sqrt{v_{By}^2 + v_0^2} = \sqrt{5} \text{ m/s}$, 故 **D 错误**.

素养 上分

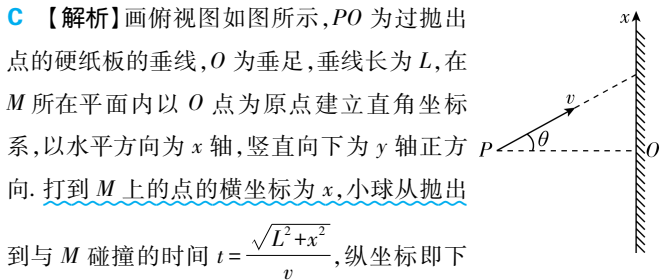
1. C



思路分析 雨滴进入气流区时, 重力和风力的合力方向跟速度方向不共线, 故做曲线运动; 雨滴穿过气流区后, 重力方向竖直向下, 速度方向斜向下, 二者不在一条直线上, 将继续做曲线运动.

【解析】 气流对雨滴有作用力, 当雨滴接近“空气伞”时, 受到水平方向的作用力, 此时雨滴所受的合力方向与速度方向不在一条直线上, 所以其运动轨迹将逐渐发生弯曲, 速度的方向不能发生突变, 故 **A、B 错误**; 雨滴原来的运动方向为竖直向下, 当受到水平方向的作用力后, 水平方向做加速直线运动, 竖直方向做加速直线运动, 合外力方向和速度方向成锐角, 雨滴的运动轨迹向合外力方向发生弯曲; 穿过气流区后, 由于雨滴的速度方向斜向下, 与重力方向不在同一直线上, 雨滴仍做曲线运动, 故 **C 正确**, **D 错误**.

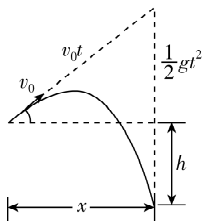
2. C 【解析】画俯视图如图所示, PO 为过抛出点的硬纸板的垂线, O 为垂足, 垂线长为 L , 在 M 所在平面内以 O 点为原点建立直角坐标系, 以水平方向为 x 轴, 竖直向下为 y 轴正方向. 打到 M 上的点的横坐标为 x , 小球从抛出到与 M 碰撞的时间 $t = \frac{\sqrt{L^2 + x^2}}{v}$, 纵坐标即下



关键: 勾股定理计算水平位移

落的高度 $y = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}g \frac{L^2 + x^2}{v^2} = \frac{gL^2}{2v^2} + \frac{g}{2v^2}x^2$, y 是关于 x 的二次函数, 所以印迹连线是抛物线, 故 **C 正确**, **A、B、D 错误**.

3. BC 【解析】若 α 角确定, 即竖直方向的分速度为 $v_0 \sin \alpha$, 炮弹从炮筒口到最高点, 竖直方向做末速度为零的匀减速直线运动, 竖直方向的最大位移为 $\frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g}$, 则炮弹离地面的最大高度为 $y = h + \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g}$, 炮弹从



炮筒口运动到最高点所用时间为 $t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$, 故 A 错误, B 正确;

若 α 角不确定, 将炮弹的运动分解为斜向上的匀速直线运动和竖直向下的自由落体运动, 如图所示, 则 $x^2 = (v_0 t)^2 - \left(\frac{1}{2}gt^2 - h\right)^2 = -\frac{g^2}{4}t^4 + (v_0^2 + gh)t^2 - h^2$, 当 $t^2 = -\frac{v_0^2 + gh}{2 \times \left(-\frac{g^2}{4}\right)} = \frac{2v_0^2 + 2gh}{g^2}$

时, x 取得最大值为 $x_m = \frac{v_0 \sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g}$, 故 C 正确, D 错误.

方法总结 斜抛运动的分解方法

- (1) 将斜抛运动分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的匀变速直线运动;
- (2) 将斜抛运动分解为初速度方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动;
- (3) 在涉及斜面问题中, 可将斜抛运动沿斜面方向和垂直斜面方向进行分解.

4. ABC 【解析】米粒和糠秕初速度为零, 不做平抛运动, 故 A 正确; 糠秕和米粒在竖直方向均做自由落体运动, 下落的高度相同, 根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可知, 从释放到落地的过程中, 糠秕的运动时间等于米粒的运动时间, 故 B 正确; 从释放到落地的过程中, 因米粒质量较大, 则水平方向加速度较小, 根据 $x = \frac{1}{2}at^2$ 可知, 米粒落地时水平位移较小, 故水平方向上位移较大的是糠秕, 故 D 错误; 根据 $v_x = at$ 可知, 落地时, 糠秕的水平速度大, 根据 $v = \sqrt{v_x^2 + (gt)^2}$ 可知, 糠秕速率大, 故 C 正确.

5. ACD 【解析】将运动员的运动分解为沿斜面 and 垂直斜面两个分运动, 设斜面倾角为 θ , 可知运动员沿斜面方向做初速度为 $v_0 \cos \theta$ 、加速度为 $g \sin \theta$ 的匀加速直线运动, 则运动员在斜面上的投影做匀加速直线运动, 故 A 正确; 运动员垂直斜面方向做初速度大小为 $v_0 \sin \theta$ 、加速度大小为 $g \cos \theta$ 的匀变速直线运动, B 点是运动过程中距离斜面的最远处, 则此时运动员垂直斜面方向的分速度刚好为 0, 根据对称性可知, A 到 B 与 B 到 C 的时间相等, 均为 $t = \frac{v_0 \sin \theta}{g \cos \theta}$, 则 $L_{AD} = v_0 \cos \theta \cdot t + \frac{1}{2}g \sin \theta \cdot t^2$, $L_{AC} = v_0 \cos \theta \cdot 2t + \frac{1}{2}g \sin \theta \cdot (2t)^2$, 可得 $L_{DC} = L_{AC} - L_{AD} = v_0 \cos \theta \cdot t + \frac{1}{2}g \sin \theta \cdot 3t^2$, 则 $\frac{L_{AD}}{L_{DC}} = \frac{v_0 \cos \theta \cdot t + \frac{1}{2}g \sin \theta \cdot t^2}{v_0 \cos \theta \cdot t + \frac{1}{2}g \sin \theta \cdot 3t^2}$ 不一定等于 $\frac{1}{2}$,

故 B 错误; 将运动员的运动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, 则运动员从 A 到 B 水平位移为 $x_{AB} = v_0 t$, 运动员从 A 到 C 水平位移为 $x_{AC} = v_0 \times 2t = 2x_{AB}$, 若 E 点在 B 点的正下方, 则有 $L_{AC} = 2L_{AE}$, 可知 E 点是 AC 的中点, 则 $AE = EC$, 故 C 正确; 设运动员落在斜面上时的速度方向与水平方向的夹角为 α , 根据平抛运动的推论得 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$, 减小运动员的水平初速度, θ 不变, 运动员落到斜面上时速度方向与水平方

向夹角 α 不变,落到斜面时的速度方向与斜面间的夹角不变,故 D 正确.

全章上分

1. C 【解析】运动员做曲线运动,则加速度不可能为零,故 A 错误;运动员沿弯道运动,所受合力大小和方向可能变化,则合力不一定为恒力,故 B 错误;根据曲线运动的特点可知,运动员所受合力一定指向弯道内侧,故 C 正确;运动员做曲线运动,加速度方向与运动方向一定不在同一直线上,故 D 错误.

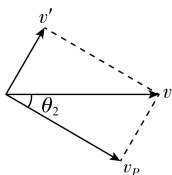
2. D

思路分析 解题时注意运动轨迹的可逆性,用逆向思维解题,将物理模型常规化.

【解析】篮球都垂直击中篮筐,其逆过程都是平抛运动,设任一篮球击中篮筐的速度为 v_0 ,上升的高度为 h ,水平位移为 x ,则有 $h = \frac{1}{2}gt^2$,由于 h 相同,所以两次篮球在空中运动时间相同,故 A、B 错误;由题图可知 a 位置投篮时篮球的水平位移比 b 位置投篮时篮球的水平位移大,由 $x = v_0t$,可知两次投篮的水平速度有 $v_a > v_b$,出手时竖直速度为 $v_y = gt$,根据速度的分解有 $\tan \theta = \frac{gt}{v_0}$, gt 相同,故在 b 处篮球出手时速度方向与水平方向夹角大,故 C 错误, D 正确.

3. B 【解析】由于乙船恰好到达 P 点,则水流方向向右,且乙船沿河岸方向的分速度大小恰好等于水流的速度大小,即 $v_{\text{水}} = v_0 \cos \alpha$,故 A 正确;设甲船的过河时间为 t ,则 $d = v_0 t \sin \alpha$,甲船沿河岸方向的位移 $x_{\text{甲}} = (v_0 \cos \alpha + v_{\text{水}})t$,联立解得 $x_{\text{甲}} = \frac{2d \cos \alpha}{\sin \alpha}$,故 B 错误;由于乙船沿 NP 运动,在水流的作用下,甲船到达对岸时,应在 P 点的右侧,而两船在垂直河岸方向的分速度相同,则两船一定会相遇,且在 NP 上某点相遇,故 C 正确;两船在垂直河岸方向的分速度 $v_{\text{垂直}} = v_0 \sin \alpha$,因此到达河对岸的时间均为 $t = \frac{d}{v_{\text{垂直}}} = \frac{d}{v_0 \sin \alpha}$,故 D 正确.

4. C 【解析】将小车的速度 v 沿绳方向和垂直于绳方向分解,如图所示,物体 P 的速度大小与小车沿绳方向的速度大小相等,则有 $v_p = v \cos \theta_2$,故 C 正确, D 错误;小车向右运动,所以 θ_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、沿斜面向上的拉力,沿斜面和垂直斜面方向正交分解,沿斜面方向由牛顿第二定律可得 $T - mg \sin \theta_1 = ma$,可得 $T > mg \sin \theta_1$,故 A、B 错误.

5. C 【解析】两小球落在斜面上时位移方向和水平方向的夹角相等,根据平抛运动的推论,速度偏转角 θ 的正切值等于位移偏转角 α 正切值的 2 倍,所以两小球落在斜面上时速度偏转角相等,即速度方向相同,故 A 错误;设两小球位移偏转角为 α ,根据两小球落

在斜面上可知 $\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{\frac{v_0't}{2v_0'}} = \frac{gt}{2v_0'}$, 故时间之比为 1:2, 故 B

错误; 小球落在斜面上时位移大小为 $s = \frac{x}{\cos \alpha} = \frac{v_0't}{\cos \alpha}$, 所以 A、C

两点间的距离与 B、D 两点间的距离之比等于水平位移之比, 即为 1:4, 故 C 正确; 设两小球速度偏转角为 θ , 小球落在斜面上

时速度大小为 $v = \frac{v_0'}{\cos \theta}$, 两小球落在斜面上时的速度偏转角相

同, 即 θ 相同, 所以速度大小之比等于初速度大小之比, 即为 1:2, 故 D 错误.

6. C 【解析】无论初速度 v_0 大小如何, 甲、乙两球水平方向分运动相同, 可知两球一定能在水平面上相遇, 但不一定是 P 点, 即甲、乙、丙三球不一定会同时在 P 点相遇, 故 A 错误; 由以上分析可知, 若甲、乙、丙三球同时相遇, 则一定发生在 P 点, 故 B 错误; 若甲、丙两球在空中相遇, 因甲、乙水平位移相等, 可知此时乙球一定在 P 点, 故 C 正确; 若乙、丙两球在水平面上相遇, 因甲和乙水平位移相等, 甲和丙竖直位移相等, 则此时甲球一定在 P 点, 故 D 错误.

7. B 【解析】设水柱最高点离水枪的高度为 h_1 , 离水平阳台的高度为 h_2 , 则 $h_1 = \frac{1}{2}gt_3^2$, $h_2 = \frac{1}{2}gt_4^2$, 水柱在空中运动的时间 $t = t_3 + t_4$, 根据题意可知, 甲、乙两水柱最高点在上一水平线上, 则甲、乙水柱在空中运动的时间相等, 根据 $v_y = gt_3$, 则甲、乙水柱竖直方向的初速度相等, 由图可知, 乙水柱的水平位移大, 根据 $x = v_0t$, 则乙水柱水平方向的初速度大, 根据 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2}$, 则乙水柱喷出时的速度大, 故 B 正确.

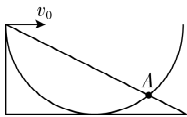
8. D 【解析】根据 $H = \frac{1}{2}gt^2$, $x = v_0t$, 小球 2 的水平射程为 $x = 3$ m, 故 A 错误; 两小球均落到 E 点, 根据对称性可知, 小球 1 和小球 2 运动总时间之比为 $t_1 : t = 3 : 1$, 小球 1 落至 C 点的水平位移为 $x_1 = \frac{x}{3} = 1$ m, 小球 1 做平抛运动的初速度大小为 $v_1 = \frac{x_1}{t} = 1$ m/s, 故 B 错误; 小球 2 运动至挡板顶端 D 点与小球 1 从挡板顶端 D 点运动至最高点的时间相同, 则对应的水平方向位移之和为 $v_0\sqrt{\frac{2h}{g}} + v_1\sqrt{\frac{2h}{g}} = 3 \times \frac{2}{3}$ m, 得抛出点 A 与竖直挡板顶端 D 点的高度差为 $h = 1.25$ m, 故 C 错误, D 正确.

9. AC 【解析】设斜面与水平面间的夹角为 α , 小球以速度 v_0 平抛落到斜面上时的水平位移为 x , 竖直位移为 h , 下落的时间为 t_0 , 由平抛运动的关系可知 $x = v_0t_0$, $h = \frac{1}{2}gt_0^2$, 解得 $\frac{h}{x} = \frac{gt_0}{2v_0}$, 由几何关系可知 $\frac{h}{x} = \tan \alpha$, 联立解得 $t_0 = \frac{2v_0}{g}\tan \alpha$, 因此当初速度变为 $\sqrt{3}v_0$ 时, 落到斜面上的时间为 $\sqrt{3}t_0$, 水平方向的位移 $x_1 = \sqrt{3}v_0 \times \sqrt{3}t_0 = 3v_0t_0 = 3x$, 因此小球会落到 d 点, 故 A、C 正确, B 错误; 根据平抛运动的推论 $\tan \beta = 2\tan \alpha$, 初速度为 $\sqrt{3}v_0$ 时, 因为位移方向与水平方向的夹角 α 不变, 所以小球落在斜面上时的速度方向与水平方向的夹角为 β 不变, 则小球落在斜面上时的速度方向与

斜面夹角为 θ 不变,故 D 错误.

- 10. AC** 【解析】A 做平抛运动,加速度大小为 g ,B 的加速度大小为 $a = \frac{mg \sin \theta}{m} = g \sin \theta$,A 与 B 的加速度大小之比为 $g : a = 1 : \sin \theta$,故 A 正确;设斜面高度为 h ,则 $h = \frac{1}{2} g t_1^2$, $\frac{h}{\sin \theta} = \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t_2^2$,得 $t_1 : t_2 = \sin \theta : 1$,故 B 错误;由 $x = v_0 t$,得 A 与 B 在 x 轴方向的位移大小之比为 $x_1 : x_2 = \sin \theta : 1$,故 C 正确;B 的水平位移大小为 $x_B = \sqrt{x_2^2 + \left(\frac{h}{\tan \theta}\right)^2} > x_2$,A 与 B 的水平位移大小之比不等于 $\sin \theta : 1$,故 D 错误.

- 11. ABD** 【解析】如图甲所示,将半圆轨道与斜面轨道重叠在一起,若初速度合适,两球可同时落至 A 点,即 a、b 两球可同时落在半圆轨道和斜面上,故 A 正确;



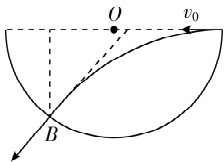
甲

只要落至斜面上,位移偏转角 β 等于斜面倾角,保持不变,即

$$\tan \beta = \frac{y}{x} = \frac{\frac{1}{2} g t^2}{v_0 t} = \frac{g t}{2 v_0}, \text{速度转偏角 } \alpha \text{ 满足 } \tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{g t}{v_0}, \text{对比}$$

可得 $\tan \alpha = 2 \tan \beta$,可知 α 保持不变,故改变初速度的大小,b 球落到斜面上时的速度方向和斜面的夹角 $(\alpha - \beta)$ 保持不变,故 B 正确;

如图乙所示,由平抛运动的推论可知,速度反向延长线过水平位移的中点,而撞在半圆轨道上时水平位移不可能等于直径,故该中点不可能是圆心 O,即 a 球不可能垂直撞在半圆轨道上,故 C 错误;



乙

由题意,结合选项 A、B 的分析可知,b 球落至斜面上 A 点时,满足 $\tan \beta = \frac{1}{2}$,即 $\tan \beta = \frac{g t}{2 v_0} = \frac{1}{2}$,故 $v_0 = g t$,速度方向与水平方向

夹角为 45° ,a 球运动轨迹与 b 球运动轨迹对称,落至半圆轨道时速度方向与水平方向夹角为 45° ,故 a、b 两球同时落在半圆轨道和斜面上时,两球的速度方向垂直,故 D 正确.

- 12. AB** 【解析】行李在空中做平抛运动,根据 $H = \frac{1}{2} g t^2$, $x = v_0 t$,解

得水平位移 $x = v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$,故 A 正确;一开始,热气球静止,说明浮力 $F = (M+m)g$,行李抛出后有 $F - Mg = Ma$,解得此时的加速度大小

$a = \frac{m}{M}g$,方向竖直向上,故 B 正确;行李落地时,热气球竖直方向的速度 $v_y = at$,合速度 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$,解得 $v = \frac{m}{M} \sqrt{v_0^2 + 2gH}$,故 C 错

误;热气球水平位移 $x_{\text{球}} = v_x t$,竖直位移 $y_{\text{球}} = \frac{1}{2} a t^2$,行李落地时与

热气球间距离为 $d = \sqrt{(x_{\text{球}}+x)^2 + (y_{\text{球}}+H)^2}$, 解得 $d =$

$$\left(1 + \frac{m}{M}\right) \sqrt{\frac{2Hv_0^2}{g} + H^2}, \text{故 D 错误.}$$

13. (1) D (2) C (3) ① 75 ② $\sqrt{5}$ ③ 0.10

【解析】(1) 建立坐标系时, 应以钢球在斜槽末端时球心在竖直面上的投影为坐标原点, 故选 D.

(2) 该实验要求钢球每次抛出的初速度要相同而且水平, 因此要求钢球从同一位置静止释放, 钢球与斜槽间的摩擦对实验没有影响, 故 A 错误; 使用密度大、体积小的钢球可以减小做平抛运动时的空气阻力, 故 B 错误; 调整斜槽使钢球可在斜槽末端保持静止, 确保钢球从斜槽末端水平抛出, 故 C 正确; 观察钢球下落时, 应通过平视记录钢球经过的位置, 故 D 错误.

(3) ① 钢球做平抛运动, 在水平方向上做匀速直线运动, 根据横坐标可知钢球通过 A、B、C 和横坐标为 30 cm 的点的时间间隔都相等, 在竖直方向上做自由落体运动, 连续相等时间内下落高度差相等, $\Delta y = (40 \text{ cm} - 15 \text{ cm}) - 15 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$, 故横坐标为 30 cm 的点的纵坐标理论上应为 $y = (40 \text{ cm} - 15 \text{ cm}) + 10 \text{ cm} + 40 \text{ cm} = 75 \text{ cm}$.

② 钢球做平抛运动, 在竖直方向上做自由落体运动, 由 $\Delta y = gt^2$,

$$\text{可得 } t = \sqrt{\frac{\Delta y}{g}} = \sqrt{\frac{(0.40 - 0.15) - 0.15}{10}} \text{ s} = 0.1 \text{ s}, \text{ 平抛运动的初}$$

$$\text{速度 } v_0 = \frac{x_{AB}}{t} = \frac{0.10}{0.1} \text{ m/s} = 1.0 \text{ m/s}, \text{ 钢球在 B 点竖直方向上的分}$$

$$\text{速度 } v_{yB} = \frac{y_{AC}}{2t} = \frac{0.40}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 2.0 \text{ m/s}, \text{ 钢球在 B 点时的速度大小}$$

$$\text{为 } v_B = \sqrt{v_{yB}^2 + v_0^2} = \sqrt{5} \text{ m/s}.$$

$$\text{③ 钢球运动到 B 点的时间 } t_B = \frac{v_{yB}}{g} = 0.20 \text{ s}, \text{ 故从抛出点到 A 点}$$

时间为 0.10 s.

14. (1) 4 m/s (2) 1.6 m 0.4 m

【解析】(1) 根据平抛运动公式 $x = v_0 t$, $h = \frac{1}{2} g t^2$, 解得 $v_0 = 4 \text{ m/s}$.

$$(2) \text{ 炮弹从发射到落地的时间 } t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2\sqrt{2}}{5} \text{ s}, \text{ 炮弹的射程}$$

$$x_1 = v_0 \cos \alpha \cdot t_1 = 1.6 \text{ m}, \text{ 炮弹的最大射高 } H = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g} = 0.4 \text{ m}.$$

15. (1) $\sqrt{2gl}$ (2) 先释放气球 $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}$

【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

$$v_y = g t_1 = \sqrt{gl}, \text{ 故此时飞镖的速度大小 } v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{2gl}.$$

$$(2) \text{ 飞镖从掷出到击中气球过程中, 下降的高度 } h_1 = \frac{1}{2} g t_1^2 =$$

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

$$\text{气球的上升时间 } t_2 = \frac{h_2}{v_0} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}, t_2 > t_1, \text{ 所以应先释放气球; 释}$$

放气球与掷飞镖两个动作之间的时间间隔 $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}$.

真题上分

1. A 【解析】

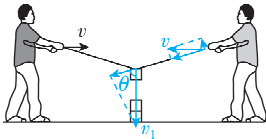
选项	分析	结论
A	位移是从初位置指向末位置的有向线段,该过程位移为 0	✓
B	路程是运动轨迹的长度,该过程路程不为 0	×
C	过 a 点的速度方向沿轨道切线方向,由题图可知笔尖两次过 a 点的速度方向不同	×
D	摩擦力方向与相对运动的方向相反,笔尖两次过 a 点的速度方向不同,则笔尖两次过 a 点时摩擦力方向不同	×

2. A 【解析】在练习投篮时,篮球做曲线运动,篮球所受的合力 F 应指向曲线的凹向,A 正确.

3. 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 $v_1 \cos \theta = v \sin \theta$,解得 $v = \frac{v_1}{\tan \theta}$,塔块沿竖直方向

点拨:沿绳方向速度大小相等

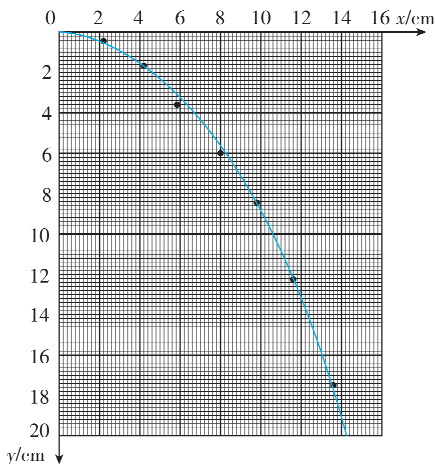
匀速下落的过程中, θ 减小, $\tan \theta$ 一直减小,故 v 一直增大,B 正确.



4. ①相同 ②见解析 ③0.71

【解析】(2)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 cm, 19.6 cm),将

研究点的数据代入 $y = \frac{1}{2}gt^2$ 、 $v_0 = \frac{x}{t}$,解得 $v_0 \approx 0.71$ m/s.

5. 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**.

6. 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**.

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 ,

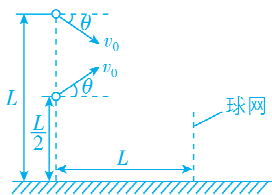
对于斜向下击出的网球, 在水平方向有 $L = v_0 \cos \theta \cdot t_1$, 竖直方向

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. AD 【解析】小鱼斜向上跃出后, 在空中做斜上抛运动, 可分解

为沿 x 轴正方向的匀速直线运动和沿 y 轴正方向的匀减速直线

运动, 两方向的位移分别为 $x = v_x t$, $y = v_{0y} t - \frac{1}{2}gt^2$, **A 正确, B 错误**;

沿 x 轴正方向速度保持不变, **C 错误**; 沿 y 轴正方向速度随时间

均匀减小至 0, $v_y = v_{0y} - gt$, **D 正确**.

9. $\frac{\sqrt{2gh}}{\tan \theta}$

【解析】当石子接触水面时的速度方向与水面夹角为 θ 时, 抛出

速度最小, 石子做平抛运动, 根据平抛运动的速度和位移公式可

得水平方向上有 $v_x = v_0$,

竖直方向上有 $h = \frac{1}{2}gt^2$, $v_y = gt$,

其中 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$,

联立各式解得 $v_0 = \frac{\sqrt{2gh}}{\tan \theta}$,

则抛出的最小速度为 $\frac{\sqrt{2gh}}{\tan \theta}$.

10. (1) $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ (2) $d\sqrt{\frac{g}{2h}}$ (3) $Sd\sqrt{\frac{g}{2h}}$

【解析】(1) 根据平抛运动规律得竖直方向 $h = \frac{1}{2}gt^2$,

解得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$.

(2) 根据平抛运动规律得水平方向 $d = v_0 t$,

解得 $v_0 = d\sqrt{\frac{g}{2h}}$.

(3) 管口单位时间内流出水的体积 $Q = Sv_0 = Sd\sqrt{\frac{g}{2h}}$.

知识拓展 水的流量

概念: 单位时间内流出某截面的水的体积.

表达式: $Q = \frac{V}{t} = \frac{Svt}{t} = Sv$.