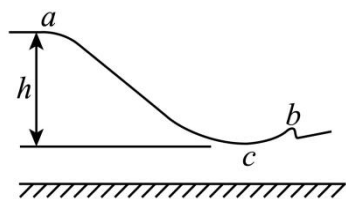


专题 04 曲线运动（解析版）

近 5 年（2018-2022）高考物理试题分类解析

1、（2022·全国甲卷·T14）北京 2022 年冬奥会首钢滑雪大跳台局部示意图如图所示。运动员从 a 处由静止自由滑下，到 b 处起跳， c 点为 a 、 b 之间的最低点， a 、 c 两处的高度差为 h 。要求运动员经过一点时对滑雪板的压力不大于自身所受重力的 k 倍，运动过程中将运动员视为质点并忽略所有阻力，则 c 点处这一段圆弧雪道的半径不应小于（ ）



A. $\frac{h}{k+1}$

B. $\frac{h}{k}$

C. $\frac{2h}{k}$

D. $\frac{2h}{k-1}$

【答案】D

【解析】

运动员从 a 到 c 根据动能定理有

$$mgh = \frac{1}{2}mv_c^2$$

在 c 点有

$$F_{Nc} - mg = m \frac{v_c^2}{R_c}$$

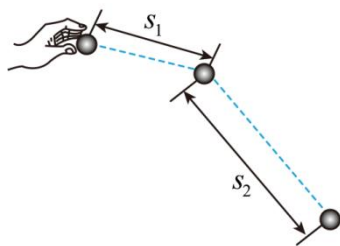
$$F_{Nc} \leq kmg$$

联立有

$$R_c \geq \frac{2h}{k-1}$$

故选 D。

2、（2022·全国甲卷·T24）将一小球水平抛出，使用频闪仪和照相机对运动的小球进行拍摄，频闪仪每隔 0.05s 发出一次闪光。某次拍摄时，小球在抛出瞬间频闪仪恰好闪光，拍摄的照片编辑后如图所示。图中的第一个小球为抛出瞬间的影像，每相邻两个球之间被删去了 3 个影像，所标出的两个线段的长度 s_1 和 s_2 之比为 3:7。重力加速度大小取 $g = 10\text{m/s}^2$ ，忽略空气阻力。求在抛出瞬间小球速度的大小。



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

【解析】

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

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

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

$$x = v_0 t$$

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

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

令 $y_1 = y$ ，则有

$$y_2 = 3y_1 = 3y$$

已标注的线段 s_1 、 s_2 分别为

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

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

则有

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

整理得

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

故在抛出瞬间小球的速度大小为

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

3、(2022·湖南卷·T5) 2022年北京冬奥会跳台滑雪空中技巧比赛场地边，有一根系有飘带的风力指示杆，教练员根据飘带的形态提示运动员现场风力的情况。若飘带可视为粗细一致的匀质长绳，其所处范围内风速水平向右、大小恒定且不随高度改变。当飘带稳定时，飘带实际形态最接近的是 ()



【答案】A

【解析】

飘带上任意选取一点 P ，以 P 点及 P 点以下的部分飘带为研究对象，设飘带总长 L ，飘带宽度为 d ，质量为 m ， P 点距离飘带下端距离 x ， P 点以下的部分飘带受到的重力与风力分别为

$$G_x = \frac{mg}{L} \cdot x, \quad F = kxv^2$$

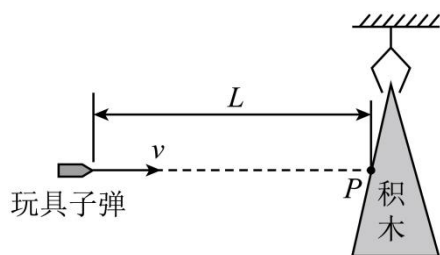
则重力与风力的合力与水平方向的夹角为

$$\tan \theta = \frac{F_x}{G_x} = \frac{kv^2 dL}{mg}$$

根据题中数据可得， $\tan \theta$ 恒定，则 P 点以下的部分飘带的受到的重力与风力的合力方向不变，则 P 点上方飘带对其拉力方向不变。

故选 A。

4、(2022·广东卷·T6) 如图 5 所示，在竖直平面内，截面为三角形的小积木悬挂在离地足够高处，一玩具枪的枪口与小积木上 P 点等高且相距为 L 。当玩具子弹以水平速度 v 从枪口向 P 点射出时，小积木恰好由静止释放，子弹从射出至击中积木所用时间为 t 。不计空气阻力。下列关于子弹的说法正确的是 ()



- A. 将击中 P 点, t 大于 $\frac{L}{v}$
- B. 将击中 P 点, t 等于 $\frac{L}{v}$
- C. 将击中 P 点上方, t 大于 $\frac{L}{v}$
- D. 将击中 P 点下方, t 等于 $\frac{L}{v}$

【答案】B

【解析】

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

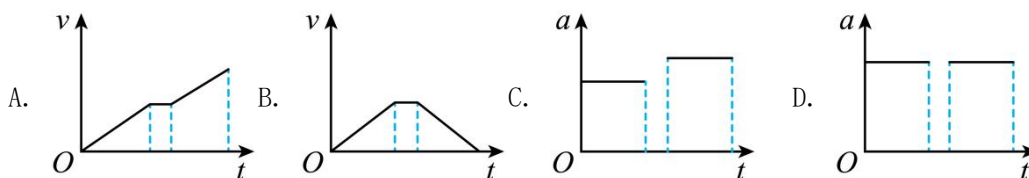
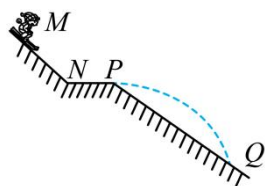
$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

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

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

故选 B。

5、(2022 · 广东卷 · T3) 图是滑雪道的示意图。可视为质点的运动员从斜坡上的 M 点由静止自由滑下, 经过水平 NP 段后飞入空中, 在 Q 点落地。不计运动员经过 N 点的机械能损失, 不计摩擦力和空气阻力。下列能表示该过程运动员速度大小 v 或加速度大小 a 随时间 t 变化的图像是 ()



【答案】C

【解析】

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

$$mg \sin \theta = ma_1$$

可得

$$a_1 = g \sin \theta$$

运动员在水平 NP 段做匀速直线运动，加速度

$$a_2 = 0$$

运动员从 P 点飞出后做平抛运动，加速度为重力加速度

$$a_3 = g$$

设在 P 点的速度为 v_0 ，则从 P 点飞出后速度大小的表达式为

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

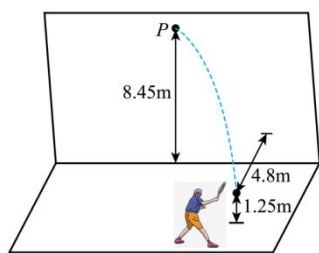
由分析可知从 P 点飞出后速度大小与时间的图像不可能为直线，且

$$a_1 < a_3$$

C 正确，ABD 错误。

故选 C。

6、(2022·山东卷·T11) 如图所示，某同学将离地 1.25m 的网球以 13m/s 的速度斜向上击出，击球点到竖直墙壁的距离 4.8m。当网球竖直分速度为零时，击中墙壁上离地高度为 8.45m 的 P 点。网球与墙壁碰撞后，垂直墙面速度分量大小变为碰前的 0.75 倍。平行墙面的速度分量不变。重力加速度 g 取 10m/s^2 ，网球碰墙后的速度大小 v 和着地点到墙壁的距离 d 分别为 ()



A. $v = 5\text{m/s}$

B. $v = 3\sqrt{2}\text{m/s}$

C. $d = 3.6\text{m}$

D.

$d = 3.9\text{m}$

【答案】BD

【解析】

设网球飞出时的速度为 v_0 ，竖直方向

$$v_{0\text{竖直}}^2 = 2g(H-h)$$

代入数据得

$$v_{0\text{竖直}} = \sqrt{2 \times 10 \times (8.45 - 1.25)} \text{m/s} = 12 \text{m/s}$$

则

$$v_{0\text{水平}} = \sqrt{13^2 - 12^2} \text{m/s} = 5 \text{m/s}$$

排球水平方向到 P 点的距离

$$x_{\text{水平}} = v_{0\text{水平}} t = v_{0\text{水平}} \cdot \frac{v_{0\text{竖直}}}{g} = 6 \text{m}$$

根据几何关系可得打在墙面上时，垂直墙面的速度分量

$$v_{0\text{水平}\perp} = v_{0\text{水平}} \cdot \frac{4}{5} = 4 \text{m/s}$$

平行墙面的速度分量

$$v_{0\text{水平}\parallel} = v_{0\text{水平}} \cdot \frac{3}{5} = 3 \text{m/s}$$

反弹后，垂直墙面的速度分量

$$v'_{\text{水平}\perp} = 0.75 \cdot v_{0\text{水平}\perp} = 3 \text{m/s}$$

则反弹后的网球速度大小为

$$v_{\text{水平}} = \sqrt{v_{\text{水平}\perp}^2 + v_{0\text{水平}\parallel}^2} = 3\sqrt{2} \text{m/s}$$

网球落到地面的时间

$$t' = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{8.45 \times 2}{10}} \text{s} = 1.3 \text{s}$$

着地点到墙壁的距离

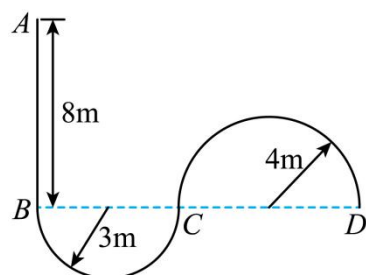
$$d = v'_{\text{水平}\perp} t' = 3.9 \text{m}$$

故 BD 正确，AC 错误。

故选 BD。

7、(2022·山东卷·T8) 无人配送小车某次性能测试路径如图所示，半径为 3m 的半圆弧 BC 与长 8m 的直线路径 AB 相切于 B 点，与半径为 4m 的半圆弧 CD 相切于 C 点。小车以最大速度从 A 点驶入路径，到适当位置调整速率运动到 B 点，然后保持速率不变依次经过 BC 和 CD 。为保证安全，小车速率最大为 4m/s。在 ABC 段的加速度最大为 2m/s^2 ， CD 段的

加速度最大为 1m/s^2 。小车视为质点，小车从 A 到 D 所需最短时间 t 及在 AB 段做匀速直线运动的最长距离 l 为 ()



- A. $t = \left(2 + \frac{7\pi}{4}\right)\text{s}, l = 8\text{m}$
- B. $t = \left(\frac{9}{4} + \frac{7\pi}{2}\right)\text{s}, l = 5\text{m}$
- C. $t = \left(2 + \frac{5}{12}\sqrt{6} + \frac{7\sqrt{6}\pi}{6}\right)\text{s}, l = 5.5\text{m}$
- D. $t = \left[2 + \frac{5}{12}\sqrt{6} + \frac{(\sqrt{6}+4)\pi}{2}\right]\text{s}, l = 5.5\text{m}$

【答案】B

【解析】

在 BC 段的最大加速度为 $a_1=2\text{m/s}^2$ ，则根据

$$a_1 = \frac{v_1^2}{r_1}$$

可得在 BC 段的最大速度为

$$v_{1m} = \sqrt{6}\text{m/s}$$

在 CD 段的最大加速度为 $a_2=1\text{m/s}^2$ ，则根据

$$a_2 = \frac{v_2^2}{r_2}$$

可得在 BC 段的最大速度为

$$v_{2m} = 2\text{m/s} < v_{1m}$$

可知在 BCD 段运动时的速度为 $v=2\text{m/s}$ ，在 BCD 段运动的时间为

$$t_3 = \frac{\pi r_1 + \pi r_2}{v} = \frac{7\pi}{2} \text{ s}$$

AB 段从最大速度 v_m 减速到 v 的时间

$$t_1 = \frac{v_m - v}{a_1} = \frac{4 - 2}{2} \text{ s} = 1 \text{ s}$$

位移

$$x_2 = \frac{v_m^2 - v^2}{2a_1} = 3 \text{ m}$$

在 AB 段匀速的最长距离为

$$l = 8 \text{ m} - 3 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

则匀速运动的时间

$$t_2 = \frac{l}{v_m} = \frac{5}{4} \text{ s}$$

则从 A 到 D 最短时间为

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = \left(\frac{9}{4} + \frac{7\pi}{2}\right) \text{ s}$$

故选 B。

8、(2022·浙江6月卷·T2) 下列说法正确的是 ()

- A. 链球做匀速圆周运动过程中加速度不变
- B. 足球下落过程中惯性不随速度增大而增大
- C. 乒乓球被击打过程中受到的作用力大小不变
- D. 篮球飞行过程中受到空气阻力的方向与速度方向无关

【答案】B

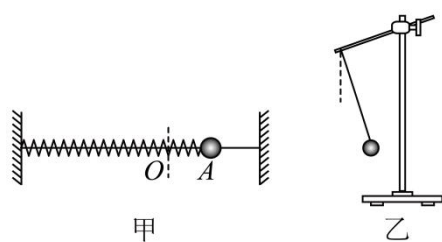
【解析】

- A. 链球做匀速圆周运动过程中加速度方向在改变，A 错误；
- B. 惯性只与质量有关，则足球下落过程中惯性不随速度增大而增大，B 正确；
- C. 乒乓球被击打过程中受到的作用力随着形变量的减小而减小，C 错误；
- D. 篮球飞行过程中受到空气阻力的方向与速度方向有关，D 错误。

故选 B。

9、(2022·浙江1月卷·T6) 图甲中的装置水平放置，将小球从平衡位置 O 拉到 A 后释放，小球在 O 点附近来回振动；图乙中被细绳拴着的小球由静止释放后可绕固定点来回摆

动。若将上述装置安装在太空中的我国空间站内进行同样操作，下列说法正确的是（ ）



- A. 甲图中的小球将保持静止
- B. 甲图中的小球仍将来回振动
- C. 乙图中的小球仍将来回摆动
- D. 乙图中的小球将做匀速圆周运动

【答案】B

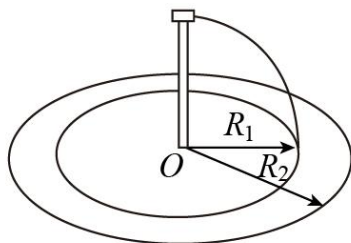
【解析】

AB. 空间站中的物体处于完全失重状态，甲图中的小球所受的弹力不受失重的影响，则小球仍将来回振动，选项 A 错误，B 正确；

CD. 图乙中的小球在地面上由静止释放时，所受的回复力是重力的分量，而在空间站中处于完全失重时，回复力为零，则小球由静止释放时，小球仍静止；若给小球一定的初速度，则做匀速圆周运动，选项 CD 错误。

故选 B。

10. (2022·河北·T10) 如图，广场水平地面上同种盆栽紧密排列在以 O 为圆心、 R_1 和 R_2 为半径的同心圆上，圆心处装有竖直细水管，其上端水平喷水嘴的高度、出水速度及转动的角速度均可调节，以保障喷出的水全部落入相应的花盆中。依次给内圈和外圈上的盆栽浇水时，喷水嘴的高度、出水速度及转动的角速度分别用 h_1 、 v_1 、 ω_1 和 h_2 、 v_2 、 ω_2 表示。花盆大小相同，半径远小于同心圆半径，出水口截面积保持不变，忽略喷水嘴水平长度和空气阻力。下列说法正确的是（ ）



- A. 若 $h_1 = h_2$ ，则 $v_1 : v_2 = R_2 : R_1$

B. 若 $v_1 = v_2$ ，则 $h_1 : h_2 = R_1^2 : R_2^2$

C. 若 $\omega_1 = \omega_2$ ， $v_1 = v_2$ ，喷水嘴各转动一周，则落入每个花盆的水量相同

D. 若 $h_1 = h_2$ 喷水嘴各转动一周且落入每个花盆的水量相同，则 $\omega_1 = \omega_2$

【答案】BD

【解析】

AB. 根据平抛运动的规律

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

解得

$$R = v\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

可知若 $h_1 = h_2$ ，则

$$v_1 : v_2 = R_1 : R_2$$

若 $v_1 = v_2$ ，则

$$h_1 : h_2 = R_1^2 : R_2^2$$

选项 A 错误，B 正确；

C. 若 $\omega_1 = \omega_2$ ，则喷水嘴各转动一周的时间相同，因 $v_1 = v_2$ ，出水口的截面积相同，可知单位时间喷出水的质量相同，喷水嘴转动一周喷出的水量相同，但因内圈上的花盆总数量较小，可知得到的水量较少，选项 C 错误；

D. 设出水口横截面积为 S_0 ，喷水速度为 v ，若 $\omega_1 = \omega_2$ ，则喷水管转动一周的时间相等，因 h 相等，则水落地的时间相等，则

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

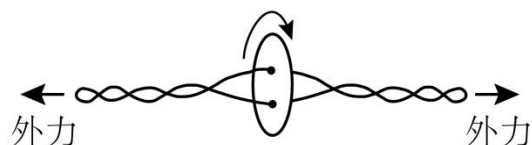
相等；在圆周上单位时间内单位长度的水量为

$$Q_0 = \frac{v\Delta t S_0}{\omega R \Delta t} = \frac{RS_0}{\omega R t} = \frac{S_0}{\omega t} = \frac{S_0}{\omega \sqrt{\frac{2h}{g}}}$$

相等，即一周中每个花盆中的水量相同，选项 D 正确。

故选 BD。

11.2021 全国甲卷第 2 题.“旋转纽扣”是一种传统游戏。如图，先将纽扣绕几圈，使穿过纽扣的两股细绳拧在一起，然后用力反复拉绳的两端，纽扣正转和反转会交替出现。拉动多次后，纽扣绕其中心的转速可达 50r/s ，此时纽扣上距离中心 1cm 处的点向心加速度大小约为 ()



A. 10m/s^2

B. 100m/s^2

C. 1000m/s^2

D.

10000m/s^2

【答案】C

【解析】

纽扣在转动过程中

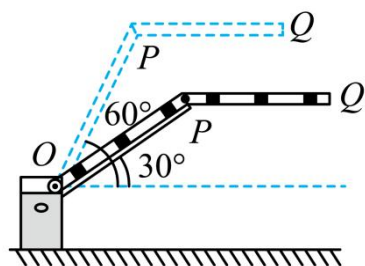
$$\omega = 2\pi n = 100\pi\text{rad/s}$$

由向心加速度

$$a = \omega^2 r \approx 1000\text{m/s}^2$$

故选 C。

12.2021 广东卷第 4 题.由于高度限制，车库出入口采用图所示的曲杆道闸，道闸由转动杆 OP 与横杆 PQ 链接而成， P 、 Q 为横杆的两个端点。在道闸抬起过程中，杆 PQ 始终保持水平。杆 OP 绕 O 点从与水平方向成 30° 匀速转动到 60° 的过程中，下列说法正确的是 ()



A. P 点的线速度大小不变

B. P 点的加速度方向不变

C. Q 点在竖直方向做匀速运动

D. Q 点在水平方向做匀速运动

【答案】A

【解析】

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

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

C. Q 点在竖直方向的运动与 P 点相同，位移 y 关于时间 t 的关系为

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

则可看出 Q 点在竖直方向不是匀速运动，C 错误；

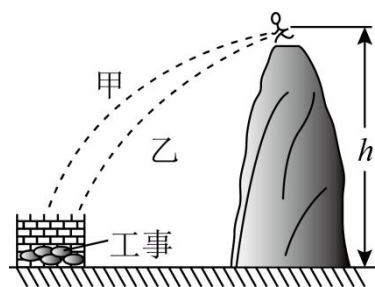
D. Q 点在水平方向的位移 x 关于时间 t 的关系为

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

则可看出 Q 点在水平方向也不是匀速运动，D 错误。

故选 A。

13.2021 广东卷第 9 题. 长征途中，为了突破敌方关隘，战士爬上陡峭的山头，居高临下向敌方工事内投掷手榴弹，战士在同一位置先后投出甲、乙两颗质量均为 m 的手榴弹，手榴弹从投出的位置到落地点的高度差为 h ，在空中的运动可视为平抛运动，轨迹如图所示，重力加速度为 g ，下列说法正确的有（ ）



A. 甲在空中的运动时间比乙的长

B. 两手榴弹在落地前瞬间，重力的功率相等

C. 从投出到落地，每颗手榴弹的重力势能减少 mgh

D. 从投出到落地，每颗手榴弹的机械能变化量为 mgh

【答案】BC

【解析】

A. 由平抛运动规律可知，做平抛运动的时间

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

因为两手榴弹运动的高度差相同，所以在空中运动时间相等，故 A 错误；

B. 做平抛运动的物体落地前瞬间重力的功率

$$P = mgv \cos \theta = mgv_y = mg\sqrt{2gh}$$

因为两手榴弹运动的高度差相同，质量相同，所以落地前瞬间，两手榴弹重力功率相同，故

B 正确；

C. 从投出到落地，手榴弹下降的高度为 h ，所以手榴弹重力势能减小量

$$\Delta E_p = mgh$$

故 C 正确；

D. 从投出到落地，手榴弹做平抛运动，只有重力做功，机械能守恒，故 D 错误。

故选 BC。

14.2021 河北卷第 2 题. 铯原子钟是精确的计时仪器，图 1 中铯原子从 O 点以 100m/s 的初速度在真空中做平抛运动，到达竖直平面 MN 所用时间为 t_1 ；图 2 中铯原子在真空中从 P 点做竖直上抛运动，到达最高点 Q 再返回 P 点，整个过程所用时间为 t_2 ， O 点到竖直平面 MN 、 P 点到 Q 点的距离均为 0.2m ，重力加速度取 $g = 10\text{m/s}^2$ ，则 $t_1:t_2$ 为（ ）

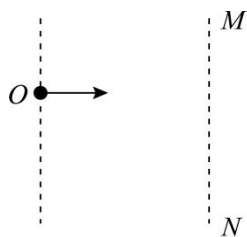


图1

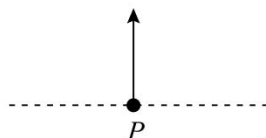


图2

A. $100:1$

B. $1:100$

C. $1:200$

D. $200:1$

【答案】C

【解析】 铯原子做平抛运动，水平方向上做匀速直线运动，即

$$x = vt_1$$

解得

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

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

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

解得

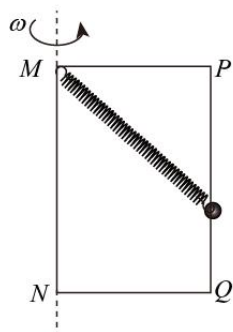
$$t_2 = \sqrt{\frac{8x}{g}} = \sqrt{\frac{8 \times 0.2}{10}} = 0.4 \text{ s}$$

则

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

故选 C。

15.2021 河北卷第 9 题. 如图，矩形金属框 $MNQP$ 竖直放置，其中 MN 、 PQ 足够长，且 PQ 杆光滑，一根轻弹簧一端固定在 M 点，另一端连接一个质量为 m 的小球，小球穿过 PQ 杆，金属框绕 MN 轴分别以角速度 ω 和 ω' 匀速转动时，小球均相对 PQ 杆静止，若 $\omega' > \omega$ ，则与以 ω 匀速转动时相比，以 ω' 匀速转动时（ ）



- A. 小球的高度一定降低
- B. 弹簧弹力的大小一定不变
- C. 小球对杆压力的大小一定变大
- D. 小球所受合外力的大小一定变大

【答案】BD

【解析】

对小球受力分析，设弹力为 T ，弹簧与水平方向的夹角为 θ ，则对小球竖直方向

$$T \sin \theta = mg$$

而

$$T = k\left(\frac{MP}{\cos \theta} - l_0\right)$$

可知 θ 为定值， T 不变，则当转速增大后，小球的高度不变，弹簧的弹力不变。则 A 错误，

B 正确；

水平方向当转速较小时，杆对小球的弹力 F_N 背离转轴，则

$$T \cos \theta - F_N = m\omega^2 r$$

即

$$F_N = T \cos \theta - m\omega^2 r$$

当转速较大时， F_N 指向转轴

$$T \cos \theta + F'_N = m\omega'^2 r$$

即

$$F'_N = m\omega'^2 r - T \cos \theta$$

则因 $\omega' > \omega$ ，根据牛顿第三定律可知，小球对杆的压力不一定变大。则 C 错误；

根据

$$F_{\text{合}} = m\omega^2 r$$

可知，因角速度变大，则小球受合外力变大。则 D 正确。

故选 BD。

16.2021 浙江卷第 7 题. 质量为 m 的小明坐在秋千上摆动到最高点时的照片如图所示，对该时刻，下列说法正确的是（ ）



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

D. 小明的加速度为零，所受合力为零

【答案】A

【解析】

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

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

由于小明的速度为 0，则有

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

沿垂直摆绳方向有

$$mg \sin \theta = ma$$

解得小明在最高点的加速度为

$$a = g \sin \theta$$

所以 A 正确；BCD 错误；

故选 A。

17、2021 年上海高考等级考第 7 题.有一个圆形的光滑轨道.一个质点以 $v_0 = \sqrt{2gr}$ 的速度从轨道底部驶入,当到达与圆心等高的点时,关于它的速度 v 与加速度 a .下列说法中正确的是()

A. $V=0$, $a=0$

B. $V \neq 0$, $a=0$

C. $V=0$, $a \neq 0$

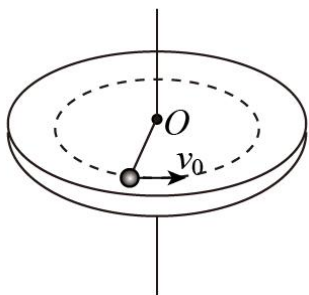
D. $V \neq 0$, $a \neq 0$

【答案】C

【解析】根据机械能守恒, $\frac{1}{2}mv_0^2 = mgr + \frac{1}{2}mv^2$, 将 $v_0 = \sqrt{2gr}$ 代入得 $v=0$.

当到达与圆心等高的点时, 只受重力作用, 加速度 $a=g$, 所以选 C。

18、2021 山东卷第 3 题. 如图所示, 粗糙程度处处相同的水平桌面上有一长为 L 的轻质细杆, 一端可绕竖直光滑轴 O 转动, 另一端与质量为 m 的小木块相连。木块以水平初速度 v_0 出发, 恰好能完成一个完整的圆周运动。在运动过程中, 木块所受摩擦力的大小为 ()



- A. $\frac{mv_0^2}{2\pi L}$ B. $\frac{mv_0^2}{4\pi L}$ C. $\frac{mv_0^2}{8\pi L}$ D. $\frac{mv_0^2}{16\pi L}$

【答案】B

【解析】在运动过程中，只有摩擦力做功，而摩擦力做功与路径有关，根据动能定理

$$-f \cdot 2\pi L = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

可得摩擦力的大小

$$f = \frac{mv_0^2}{4\pi L}$$

故选 B。

19、2020 全国 1 卷第 3 题

3.如图，一同学表演荡秋千。已知秋千的两根绳长均为 10 m，该同学和秋千踏板的总质量约为 50 kg。绳的质量忽略不计，当该同学荡到秋千支架的正下方时，速度大小为 8 m/s，此时每根绳子平均承受的拉力约为（ ）



- A. 200 N B. 400 N C. 600 N D. 800 N

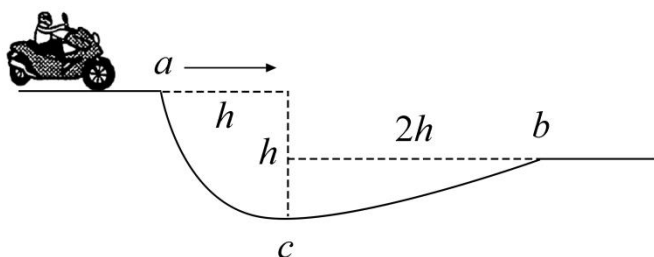
【答案】B

【解析】设每根绳子拉力为 T，在最低点由 $2T - mg = \frac{mv^2}{r}$

解得： $T=410\text{N}$ 即每根绳子拉力约为 410N ，故选 B。

20、2020 全国 2 卷第 3 题

3.如图，在摩托车越野赛途中的水平路段前方有一个坑，该坑沿摩托车前进方向的水平宽度为 $3h$ ，其左边缘 a 点比右边缘 b 点高 $0.5h$ 。若摩托车经过 a 点时的动能为 E_1 ，它会落到坑内 c 点。 c 与 a 的水平距离和高度差均为 h ；若经过 a 点时的动能为 E_2 ，该摩托车恰能越过坑到达 b 点。 $\frac{E_2}{E_1}$ 等于（ ）



A. 20

B. 18

C. 9.0

D. 3.0

【答案】B

【解析】有题意可知当在 a 点动能为 E_1 时，有 $E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$

根据平抛运动规律有 $h = \frac{1}{2}gt_1^2$ $h = v_1t_1$

当在 a 点时动能为 E_2 时，有 $E_2 = \frac{1}{2}mv_2^2$

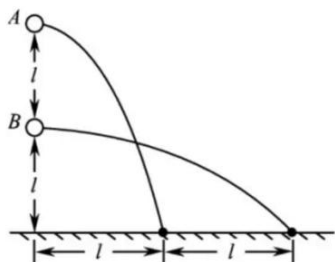
根据平抛运动规律有 $\frac{1}{2}h = \frac{1}{2}gt_2^2$ $3h = v_2t_2$

联立以上各式可解得 $\frac{E_2}{E_1} = 18$

故选 B。

21、2020 江苏省卷第 8 题

8.如图所示，小球 A 、 B 分别从 $2l$ 和 l 的高度水平抛出后落地，上述过程中 A 、 B 的水平位移分别为 l 和 $2l$ 。忽略空气阻力，则（ ）



A. A 和 B 的位移大小相等 B. A 的运动时间是 B 的 2 倍

C. A 的初速度是 B 的 $\frac{1}{2}$ D. A 的末速度比 B 的大

【答案】8. AD

【解析】A. 位移 $s = \sqrt{l^2 + (2l)^2} = \sqrt{5}l$ ，相等，A 正确；

B. $2l = \frac{1}{2}gt_A^2$ ， $l = \frac{1}{2}gt_B^2$ ，得 $\frac{t_A}{t_B} = \sqrt{2}$ ，B 错误；

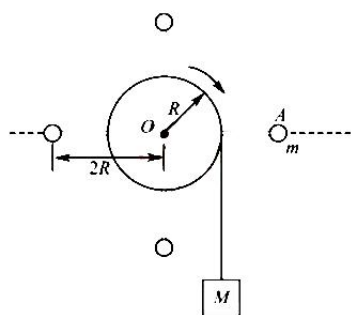
C. $l = v_{0A}t_A$ ， $2l = v_{0B}t_B$ ，解得 $\frac{v_{0A}}{v_{0B}} = \frac{\sqrt{2}}{4}$ ，C 错误；

D. 机械能守恒 $\frac{1}{2}mv_{0A}^2 + mg \cdot 2l = \frac{1}{2}mv_A^2$ ， $\frac{1}{2}mv_{0B}^2 + mg \cdot l = \frac{1}{2}mv_B^2$ ，解得 $v_A^2 = \frac{17}{4}gl$ ，

$v_B^2 = 4gl$ ，所以 A 的末速度比 B 的大，D 正确

22、2020 江苏省卷第 15 题

15. (16 分) 如图所示，鼓形轮的半径为 R ，可绕固定的光滑水平轴 O 转动。在轮上沿相互垂直的直径方向固定四根直杆，杆上分别固定有质量为 m 的小球，球与 O 的距离均为 $2R$ 。在轮上绕有长绳，绳上悬挂着质量为 M 的重物。重物由静止下落，带动鼓形轮转动。重物落地后鼓形轮匀速转动，转动的角速度为 ω 。绳与轮之间无相对滑动，忽略鼓形轮、直杆和长绳的质量，不计空气阻力，重力加速度为 g 。求：



(1) 重物落地后，小球线速度的大小 v ；

(2) 重物落地后一小球转到水平位置 A ，此时该球受到杆的作用力的大小 F ；

(3) 重物下落的高度 h 。

15. (1) 线速度 $v = \omega r$ 得 $v = 2\omega R$

(2) 向心力 $F_{\text{向}} = 2m\omega^2 R$

设 F 与水平方向的夹角为 α ，则 $F \cos \alpha = F_{\text{向}}$ ； $F \sin \alpha = mg$

解得 $F = \sqrt{(2m\omega^2 R)^2 + (mg)^2}$

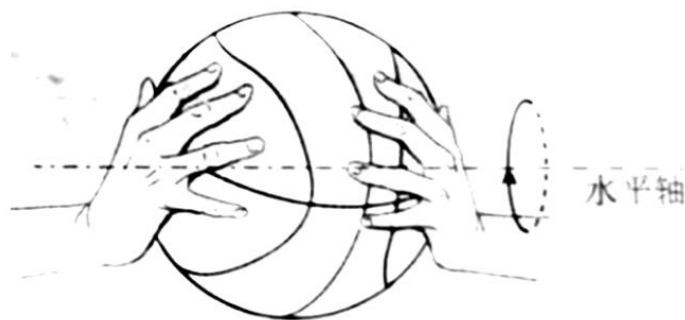
(3) 落地时，重物的速度 $v' = \omega R$ ，由机械能守恒得 $\frac{1}{2}Mv'^2 + 4 \times \frac{1}{2}mv^2 = Mgh$

解得 $h = \frac{M + 16m}{2Mg}(\omega R)^2$

23、2020 北京卷第 14 题

14. 在无风的环境，某人在高处释放静止的篮球，篮球竖直下落；如果先让篮球以一定的角速度绕过球心的水平轴转动（如图）再释放，则篮球在向下掉落的过程中偏离竖直方向做曲线运动。其原因是，转动的篮球在运动过程中除受重力外，还受到空气施加的阻力 f_1 和偏转力 f_2 。这两个力与篮球速度 v 的关系大致为： $f_1 = k_1 v^2$ ，方向与篮球运动方向相反；

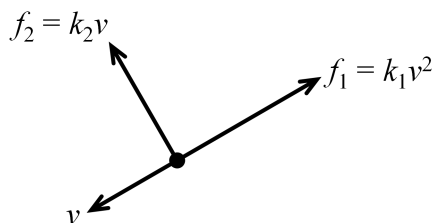
$f_2 = k_2 v$ ，方向与篮球运动方向垂直。下列说法正确的是（ ）



- A. k_1 、 k_2 是与篮球转动角速度无关的常量
- B. 篮球可回到原高度且角速度与释放时的角速度相同
- C. 人站得足够高，落地前篮球有可能向上运动
- D. 释放条件合适，篮球有可能在空中持续一段水平直线运动

【答案】C

【解析】A. 篮球未转动时，篮球竖直下落，没有受到偏转力 f_2 的作用，而篮球转动时，将受到偏转力 f_2 的作用，所以偏转力 $f_2 = k_2 v$ 中的 k_2 与篮球转动角速度有关，故 A 错误；
 B. 空气阻力一直对篮球做负功，篮球的机械能将减小，篮球的角速度也将减小，所以篮球没有足够的能量回到原高度，故 B 错误；
 C. 篮球下落过程中，其受力情况如下图所示



篮球下落过程中，由受力分析可知，随着速度不断增大，篮球受到 f_1 和 f_2 的合力沿竖直方向的分力可能比重力大，可使篮球竖直方向的分速度减小为零或变成竖直向上，所以篮球可能向上运动，故 C 正确；

D. 如果篮球的速度变成水平方向，则空气阻力的作用会使篮球速度减小，则篮球受到的偏转力 f_2 将变小，不能保持 f_2 与重力持续等大反向，所以不可能在空中持续一段水平直线运动，故 D 错误。

故选 C。

24、2020 北京卷第 17 题

17. 无人机在距离水平地面高度 h 处，以速度 v_0 水平匀速飞行并释放一包裹，不计空气阻力，重力加速度为 g 。

(1) 求包裹释放点到落地点的水平距离 x ；

(2) 求包裹落地时的速度大小 v ；

(3) 以释放点为坐标原点，初速度方向为 x 轴方向，竖直向下为 y 轴方向，建立平面直角坐标系，写出该包裹运动的轨迹方程。

【答案】(1) $v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ；(2) $\sqrt{v_0^2 + 2gh}$ ；(3) $y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$

【解析】(1) 包裹脱离无人机后做平抛运动，在竖直方向做自由落体运动，则 $h = \frac{1}{2} g t^2$

解得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

水平方向上做匀速直线运动，所以水平距离为 $x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$

(2) 包裹落地时，竖直方向速度为 $v_y = g t = g \sqrt{\frac{2h}{g}}$

落地时速度为 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$

(3)包裹做平抛运动，分解位移 $x = v_0 t'$ ， $y = \frac{1}{2} g t'^2$

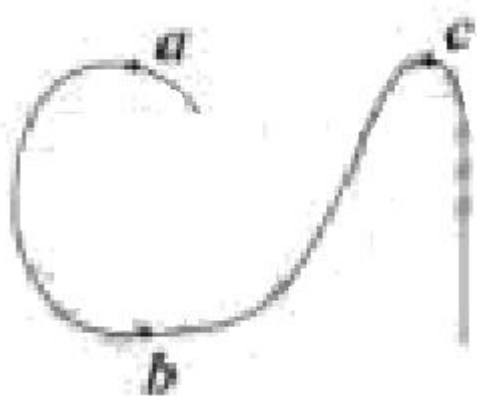
两式消去时间得包裹的轨迹方程为 $y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$ 。

25、2020 上海等级考第 3 题

3、一辆电动车在水平面上以恒定速率行驶，如图所示。在 a b. c 三点的向心力大小分别是()

(A) $F_c > F_a > F_b$. (B) $F_a < F_c < F_b$,

(C) $F_c < F_a < F_b$ (D) $F_a > F_c > F_b$



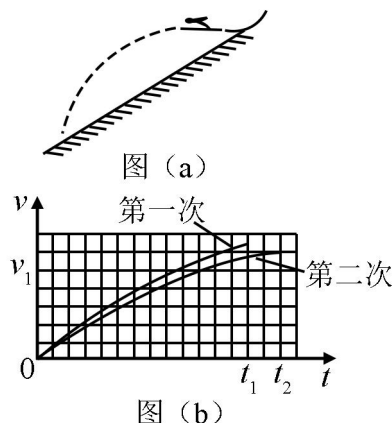
[答案]A

【解析】根据向心力公式 $F = m \frac{v^2}{r}$ ， v 相等，因为 $r_c < r_a < r_b$ ，所以 $F_c > F_a > F_b$ 。

[考察知识]向心力的大小分析.

[核心素养]科学思维(推理分析能力)

26.2019 年全国 2 卷 19 题. 如图 (a)，在跳台滑雪比赛中，运动员在空中滑翔时身体的姿态会影响其下落的速度和滑翔的距离。某运动员先后两次从同一跳台起跳，每次都从离开跳台开始计时，用 v 表示他在竖直方向的速度，其 v - t 图像如图 (b) 所示， t_1 和 t_2 是他落在倾斜雪道上的时刻。则



- A. 第二次滑翔过程中在竖直方向上的位移比第一次的小
 B. 第二次滑翔过程中在水平方向上的位移比第一次的大
 C. 第二次滑翔过程中在竖直方向上的平均加速度比第一次的大
 D. 竖直方向速度大小为 v_1 时，第二次滑翔在竖直方向上所受阻力比第一次的大

【答案】19. BD

【解析】根据“面积法”求位移，从图可以看出第二次滑翔过程中在竖直方向上的位移比第一

次的大，A错误；平均加速度 $\bar{a} = \frac{v}{t}$ ， $v_2 < v_1$ ，但 $t_2 > t_1$ ，所以 $\bar{a}_2 < \bar{a}_1$ ，C错误；根据

“斜率法”求加速度，从图可以看出，竖直方向速度大小为 v_1 时，加速度 $a_2 < a_1$ ，根据牛

顿定律 $a = g - \frac{f}{m}$ ，所以 $f_2 > f_1$ ，D正确；因为第二次滑翔过程中在竖直方向上的位移

比第一次的大，并且 $\frac{y}{x} = \tan \alpha$ （ α 为斜面倾角），所以第二次滑翔过程中在水平方向上的位移比第一次的大，B正确。

所以选BD.

27. 2019 年天津卷 10 题. (16 分) 完全由我国自行设计、建造的国产新型航空母舰已完成多次海试，并取得成功。航母上的舰载机采用滑跃式起飞，故甲板是由水平甲板和上翘甲板两部分构成，如图 1 所示。为了便于研究舰载机的起飞过程，假设上翘甲板 BC 是与水平甲板 AB 相切的一段圆弧，示意如图 2， AB 长 $L_1 = 150 \text{ m}$ ， BC 水平投影 $L_2 = 63 \text{ m}$ ，图中 C 点切线方向与水平方向的夹角 $\theta = 12^\circ$ （ $\sin 12^\circ \approx 0.21$ ）。若舰载机从 A 点由静止开始做匀加速直线运动，经 $t = 6 \text{ s}$ 到达 B 点进入 BC 。已知飞行员的质量 $m = 60 \text{ kg}$ ， $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，求



图 1

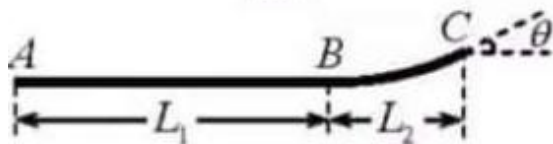


图 2

- (1) 舰载机水平运动的过程中，飞行员受到的水平力所做功 W ；
 (2) 舰载机刚进入 BC 时，飞行员受到竖直向上的压力 F_N 多大。

【答案】

10. (16 分)

- (1) 舰载机由静止开始做匀加速直线运动，设其刚进入上翘甲板时的速度为 v ，则有

$$\frac{v}{2} = \frac{L_1}{t} \quad ①$$

根据动能定理，有

$$W = \frac{1}{2}mv^2 - 0 \quad ②$$

联立①②式，代入数据，得

$$W = 7.5 \times 10^4 \text{ J} \quad ③$$

- (2) 设上翘甲板所对应的圆弧半径为 R ，根据几何关系，有

$$L_2 = R \sin \theta \quad ④$$

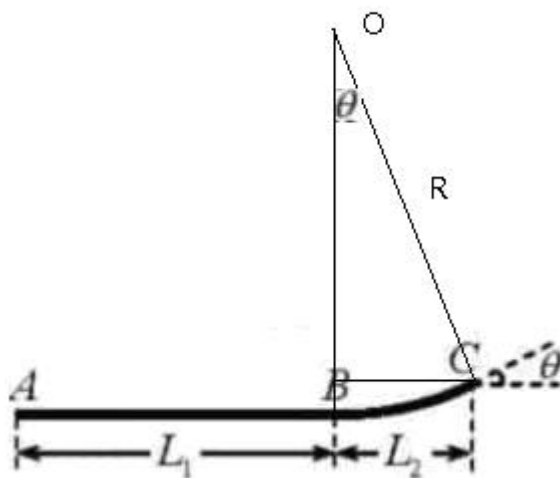
由牛顿第二定律，有

$$F_N - mg = m \frac{v^2}{R} \quad ⑤$$

联立①④⑤式，代入数据，得

$$F_N = 1.1 \times 10^3 \text{ N} \quad ⑥$$

【解析】求圆弧半径为 R ，如下图， $R\sin\theta = L_2$ ，所以 $R = \frac{L_2}{\sin\theta} = \frac{63}{0.12}m = 300m$

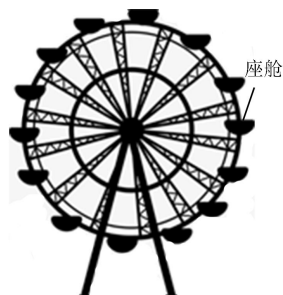


另外解法： $L_1 = \frac{1}{2}at^2$ ，得 $a = \frac{2L_1}{t_2} = \frac{2 \times 150}{36}m/s^2 = \frac{25}{3}m/s^2$

$$v^2 = 2aL_1 = 2 \times \frac{25}{3} \times 150(m/s)^2 = 2500(m/s)^2$$

根据动能定理，功 $W = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 60 \div 2500J = 7.5 \times 10^4 J$

28.2019年江苏卷6题. 如图所示，摩天轮悬挂的座舱在竖直平面内做匀速圆周运动。座舱的质量为 m ，运动半径为 R ，角速度大小为 ω ，重力加速度为 g ，则座舱



- (A) 运动周期为 $\frac{2\pi R}{\omega}$
- (B) 线速度的大小为 ωR
- (C) 受摩天轮作用力的大小始终为 mg
- (D) 所受合力的大小始终为 $m\omega^2 R$

【答案】6. BD

【解析】周期 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ，A错误；线速度 $v = \omega R$ ，B正确；所受合力的大小始终为 $F_{\text{向}} = m\omega^2 R$ ，

D正确。

29. 2018 年全国 3 卷 17 题. 在一斜面顶端，将甲乙两个小球分别以 v 和 $\frac{v}{2}$ 的速度沿同一方向水平抛出，两球都落在该斜面上。甲球落至斜面时的速率是乙球落至斜面时速率的

- A. 2 倍 B. 4 倍 C. 6 倍 D. 8 倍

【答案】17. A

【解析】 $x_{\text{甲}} = vt_{\text{甲}}$ ， $y_{\text{甲}} = \frac{1}{2}gt_{\text{甲}}^2$ ， $\tan\theta = \frac{y}{x}$ ， $x_{\text{乙}} = vt_{\text{乙}}$ ， $y_{\text{乙}} = \frac{1}{2}gt_{\text{乙}}^2$ ，所以 $t_{\text{甲}} = 2t_{\text{乙}}$ ，

又 $v_y = gt$ ，所以 $v_{y_{\text{甲}}} = 2v_{y_{\text{乙}}}$ ，又 $v = \sqrt{v^2 + v_y^2}$ ，得 $\frac{v_{\text{甲}}}{v_{\text{乙}}} = 2$

30. 2018 年江苏卷 3 题. 某弹射管每次弹出的小球速度相等。在沿光滑竖直轨道自由下落过程中，该弹射管保持水平，先后弹出两只小球。忽略空气阻力，两只小球落到水平地面的

- (A) 时刻相同，地点相同 (B) 时刻相同，地点不同
(C) 时刻不同，地点相同 (D) 时刻不同，地点不同

【答案】3. B

【解析】 根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，竖直方向的分运动相同，，两只小球落到水平地面的时刻相同，
根据 $x = vt$ ，平抛运动的时间不同，地点不同。

31. 2018 年江苏卷 6 题. 火车以 60 m/s 的速率转过一段弯道，某乘客发现放在桌面上的指南针在 10 s 内匀速转过了约 10° 。在此 10 s 时间内，火车

- (A) 运动路程为 600 m (B) 加速度为零
(C) 角速度约为 1 rad/s (D) 转弯半径约为 3.4 km

【答案】6. AD

【解析】 加速度 $\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{10 \times \pi}{180 \times 10} = \frac{\pi}{180} \text{ rad/s}$ ，C 错误；运动路程 $s = vt = 600\text{m}$ ，A 正

确；根据 $v = \omega r$ ，得 $r = \frac{v}{\omega} = 3.4\text{km}$ ，D 正确； $a = \omega^2 r = 1.0\text{m/s}^2$ ，B 错误。
