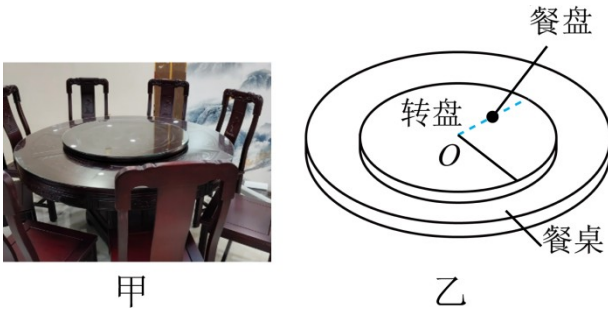


第四章 第5节 圆周运动 临界问题

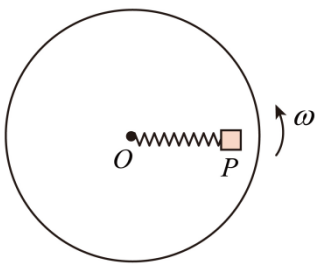
一、单选题

1. 【易】如图甲是酒店常用的一个圆形转盘餐桌，图乙是其简化图。酒店服务员将一餐盘放置在距离转盘中心 r 处，转动转盘，餐盘随着转盘一起转动，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，下列说法正确的是（ ）



- A. 餐盘的质量越大，餐盘越不容易相对转盘滑动
- B. 餐盘到转盘中心的距离 r 越大，餐盘越不容易相对转盘滑动
- C. 餐盘与转盘之间的动摩擦因数越大，餐盘越不容易相对转盘滑动
- D. 转盘转动的角速度越大，餐盘越不容易相对转盘滑动

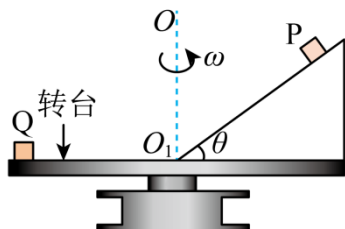
2. 【中】如图为竖直转轴过圆心 O 的水平圆盘，轻质弹簧一端固定在 O 点，另一端连接一质量为 m 的小物块。圆盘静止时物块恰好在 P 点静止，此时弹簧的伸长量为 L 。已知弹簧的劲度系数为 k ，原长为 L 。圆盘的角速度 ω 由 0 缓慢增大至小物块相对圆盘滑动的过程中（ ）



- A. 弹簧对小物块的弹力一直增大
- B. 圆盘对小物块的摩擦力逐渐减小
- C. 当 $\omega = \sqrt{\frac{k}{3m}}$ 时，小物块恰好不受摩擦力
- D. 当 $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ 时，小物块相对圆盘恰好开始滑动

3. 【中】如图所示，倾角 $\theta = 37^\circ$ 的斜面体固定在可以绕竖直轴转动的水平转台上，斜面最低点在转轴

OO_1 上，质量均为 $m=1\text{kg}$ 、可视为质点的两个小物块 P、Q 随转台一起匀速转动，P、Q 到斜面最低点的距离均为 0.5 m ，与接触面之间的动摩擦因数均为 0.5 ，取 $g=10\text{m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ=0.6$ ， $\cos 37^\circ=0.8$ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。则下列说法正确的是（ ）



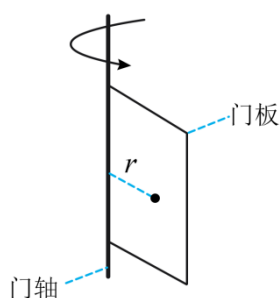
A. 为保持 P 与斜面体相对静止，角速度的最小值为 $\frac{5\sqrt{3}}{4}\text{ rad/s}$

B. 为保持 P 与斜面体相对静止，角速度的最大值为 $5\sqrt{2}\text{ rad/s}$

C. 当角速度等于 $\frac{5\sqrt{3}}{2}\text{ rad/s}$ 时，Q 会相对转台滑动，P 有沿斜面向上滑的趋势

D. 若 P 与斜面体保持相对静止，则 P 对斜面的压力大小范围是 $\frac{100}{11}\text{ N} \leq F_N \leq 16\text{ N}$

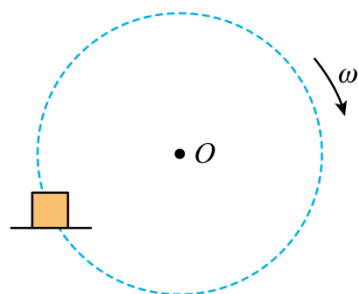
4. 【中】如图所示，一个磁铁吸附在竖直的门板上保持静止，假设磁铁的质量为 m ，距离门轴为 r ，与门板之间的磁力和动摩擦因数分别为 F_0 和 μ ，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g 。现匀速转动门板，为使磁铁不滑动，则门板转动的最大角速度为（ ）



A. $\sqrt{\frac{\mu F_0}{mr}}$ B. $\sqrt{\frac{\mu^2 F_0^2 - m^2 g^2}{m^2 r^2}}$ C. $\sqrt{\frac{\mu F_0 - mg}{mr}}$ D. $\sqrt{\frac{\mu F_0 - mg}{mr}} - \sqrt{\frac{\mu F_0}{mr}}$

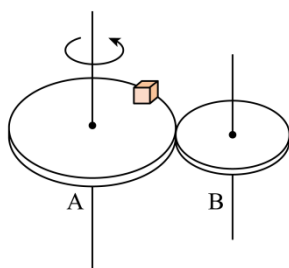
5. 【中】武汉“东湖之眼”摩天轮，面朝东湖、背靠磨山，是武汉东湖风景区地标之一。摩天轮在竖直放置的圆轨道内围绕其圆心 O 点做半径为 R 的匀速圆周运动，角速度为 ω ，在匀速转动的过程中轿厢地板总保持水平状态。如图所示，放置在地板上的物体，其与地板之间的动摩擦因数为 μ ，最大静摩擦力等于滑

动摩擦力，重力加速度为 g ，为了保证物体在匀速转动的过程中始终不相对于地板滑动，则角速度 ω 的最大值为（ ）



- A. $\sqrt{\frac{\mu g}{R\sqrt{\mu^2 + 1}}}$ B. $\sqrt{\frac{\mu g}{R}}$ C. $\sqrt{\frac{g}{R\sqrt{\mu^2 + 1}}}$ D. $\sqrt{\frac{\mu g}{R\sqrt{1 - \mu^2}}}$

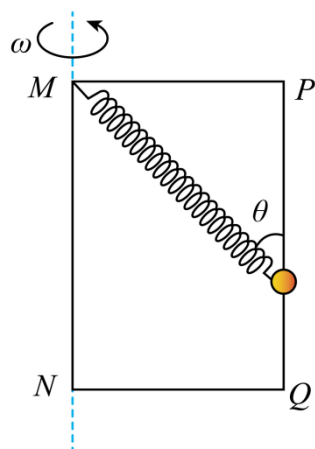
6. (中) 如图所示，两个相同材料制成的靠摩擦传动的轮 A 和轮 B 水平放置（两轮不打滑），两轮半径 $r_A = 2r_B$ ，当主动轮 A 匀速转动时，在 A 轮边缘上放置的小木块恰能相对静止，若将小木块放在 B 轮上，欲使木块相对 B 轮静止，则木块距 B 轮转轴的最大距离为（ ）



- A. r_A B. $\frac{r_A}{2}$ C. $\frac{r_A}{3}$ D. $\frac{r_A}{4}$

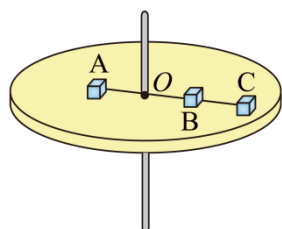
7. (中) 如图，矩形金属框 $MNQP$ 竖直放置，其中 MN 、 PQ 足够长，且 PQ 杆光滑，轻弹簧一端固定在 M 点，另一端连接质量为 m 的小球，小球穿过 PQ 杆，金属框绕 MN 轴以角速度 ω 匀速转动时，小球相对 PQ 杆静止，弹簧与竖直方向的夹角为 θ ，弹簧的弹力大小为 F ，杆对小球的弹力大小为 F_N ，小球所受合外力的大小为 $F_{\text{合}}$ 。现缓慢增大金属框的转速，当金属框绕 MN 轴以角速度 2ω 匀速转动时，小球相对 PQ 杆静止，弹簧与竖直方向的夹角为 θ' ，弹簧的弹力大小为 F' ，杆对小球的弹力大小

为 F'_N ，小球所受合外力的大小为 $F'_{\text{合}}$ 。则下列关系式一定成立的是（ ）



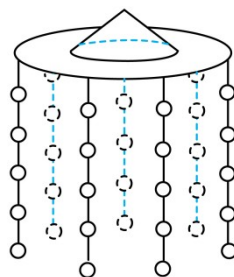
- A. $\theta > \theta'$ B. $F = F'$ C. $F_N < F'_N$ D. $F_{\text{合}} > F$

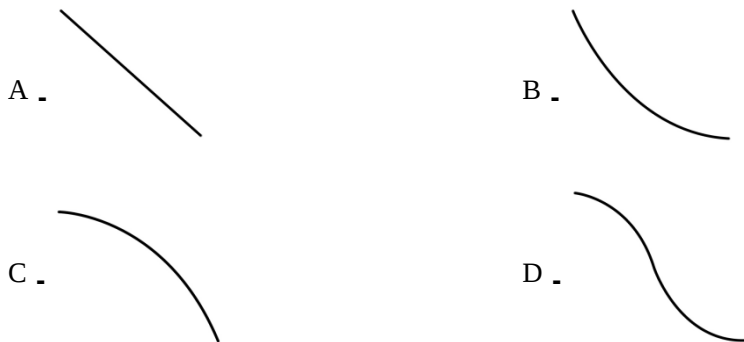
8. 【难】如图所示，A、B、C三个物体放在水平旋转圆台上，用细线连接并固定在转轴上。已知物体与圆台间的动摩擦因数均为 μ ，且最大静摩擦力等于滑动摩擦力；细线能承受的最大拉力为 $\frac{1}{2}\mu mg$ ，A的质量为 $2m$ ，B、C的质量均为 m ，A、B离轴的距离为 R ，C离轴的距离为 $2R$ ，重力加速度取 g ，当慢慢增加圆台转速，最先滑动的是（ ）



- A. A B. B C. C D. 三个物体同时滑动

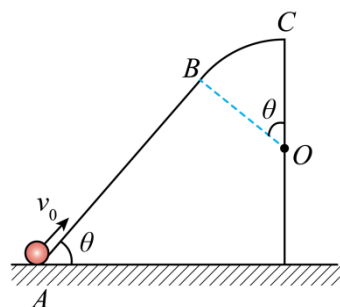
9. 【难】马年春晚舞蹈《喜雨》技惊四座，舞者头顶斗笠匀速转动时，下列图线中与斗笠边缘的一串串珠实际形态最接近的是（ ）





二、多选题

10. 【中】如图，固定在竖直面内的光滑轨道 ABC 由直线段 AB 和圆弧段 BC 组成，两段相切于 B 点， AB 段与水平面夹角为 θ ， BC 段圆心为 O ，最高点为 C ， A 与 C 的高度差等于圆弧轨道的直径 $2R$ 。小球从 A 点以初速度 v_0 冲上轨道，能沿轨道运动恰好到达 C 点，下列说法正确的是（ ）

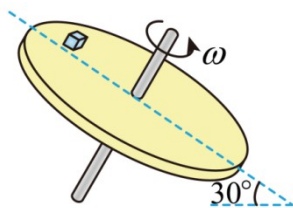


- A. 小球从 B 到 C 的过程中，对轨道的压力逐渐增大
- B. 小球从 A 到 C 的过程中，重力的功率始终保持不变
- C. 小球的初速度 $v_0 = \sqrt{2gR}$
- D. 若小球初速度 v_0 增大，小球有可能从 B 点脱离轨道

11. 【中】如图所示，一倾斜的匀质圆盘绕垂直于盘面的固定对称轴以恒定角速度 ω 转动，盘面上离转轴

距离 2.5m 处有一小物体与圆盘始终保持相对静止。物体与盘面间的动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ，盘面与水平面的夹

角为 30° ， g 取 10m/s^2 。则 ω 的可能取值为（ ）



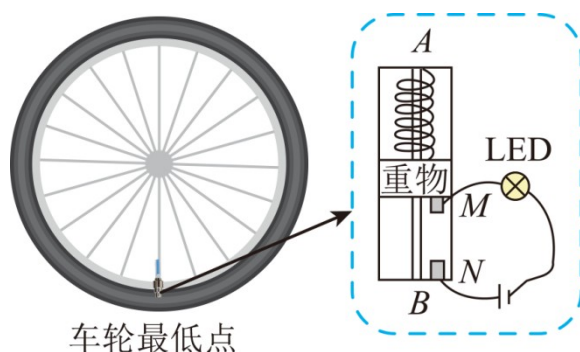
A . 0.5rad/s

B . 0.7rad/s

C . 1.0rad/s

D . 1.5rad/s

12 . 【中】如图为自行车车轮的气嘴灯原理图，气嘴灯由接触式开关控制。其结构为弹簧一端固定在顶部 A ，另一端与重物连接，当车轮转动的角速度达到一定值时，重物拉伸弹簧后使点 M 、 N 接触，从而接通电路使气嘴灯发光。触点 N 与车轮圆心距离为 R ，车轮静止且 B 端在车轮最低点时触点 M 、 N 距离为 $0.05R$ 。已知 A 靠近车轮圆心、 B 固定在车轮内臂，重物与触点 M 的总质量为 m 。弹簧劲度系数为 k ，重力加速度大小为 g 。不计接触式开关中的一切摩擦，重物和触点 M 、 N 均视为质点，则有（ ）



A . 相同转速下，重物质量大小对能否接通 LED 灯没影响

B . 转速越大，重物质量越大，LED 灯越容易发光

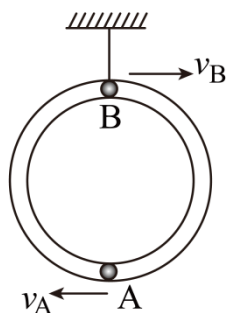
C . 使得 LED 灯发光的最小角速度为 $\sqrt{\frac{k}{20m}}$

D . 若气嘴灯在最低点能发光，同一转速下在最高点也一定能发光

13 . 【中】如图所示，质量为 4 kg ，半径为 0.5m 的光滑匀质细圆管用轻杆固定在竖直平面内，小球 A 和

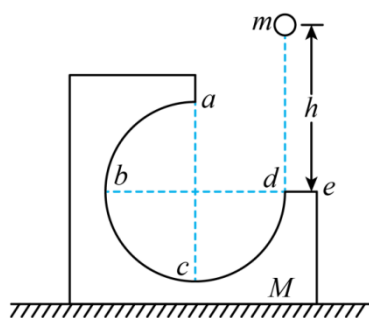
B 的直径略小于细圆管的内径，它们的质量均为 2 kg 。某时刻，小球 A，B 分别位于细圆管最低点和最高

点，则下列说法正确的是（ ）（取 $g = 10\text{m/s}^2$ ）



- A. 轻杆对细圆管的弹力与 A、B 两球的速度差成线性关系
- B. 轻杆对细圆管的弹力与 A、B 两球的速度平方差成线性关系
- C. 杆对细圆管弹力不可能为零
- D. 若 A、B 两球的速度大小为 $v_A = 3\text{m/s}$ 、 $v_B = 6\text{m/s}$ ，此时杆的下端受到向上的压力

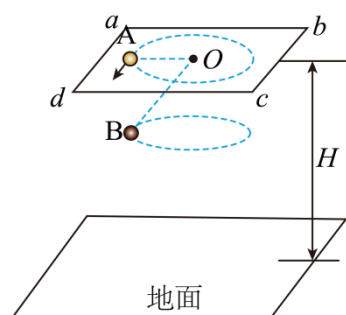
14. 【中】如图所示， M 为固定在水平桌面上的有缺口的方形木块， $abcd$ 为圆周的光滑轨道， a 为轨道的最高点， de 面水平且有一定长度。今将质量为 m 的小球在 d 点的正上方高为 h 处由静止释放，让其自由下落到 d 处切入轨道内运动，不计空气阻力，则（ ）



- A. 在 h 一定的条件下，释放后小球的运动情况与小球的质量有关
- B. 改变 h 的大小，就能使小球通过 a 点后，落回轨道内
- C. 无论怎样改变 h 的大小，不可能使小球通过 a 点后落回轨道内
- D. 调节 h 的大小，使小球飞出 de 面之外(即 e 的右面)是可能的

三、解答题

15. 【中】如图所示，水平放置的正方形光滑木板 $abcd$ ，边长 $2L$ ，距地面的高度为 $H=1.8\text{m}$ ，木板正中间有一个光滑的小孔 O ，一根长为 $2L$ 的细线穿过小孔，两端分别系着两个完全相同的小球 A、B，两小球在同一竖直平面内。现小球 A 以角速度 $\omega = 2.5\text{rad/s}$ 在木板上绕 O 点做逆时针匀速圆周运动时，B 也在水平面内做逆时针匀速圆周运动， O 点正好是细绳的中点，其中 $L=2\text{m}$ ，不计空气阻力，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ 。



(1)求 B 球的角速度；

(2)当小球 A、B 的速度方向平行于木板 ad 边时烧断细线（如图所示），求从烧断细线到小球 A 落地的时间是多少；

(3)当小球 A、B 的速度方向平行于木板 ad 边时，烧断细线，求两小球落地点之间的距离。

《第四章 第5节 圆周运动 临界问题》参考答案

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	C	D	B	B	A	D	B	C	B	AD
题号	11	12	13	14						
答案	ABC	BC	BD	CD						

1. C

【详解】A. 餐盘随转盘转动过程中，由静摩擦力提供其做圆周运动的向心力，设餐盘质量为 m ，餐盘与转盘之间的动摩擦因数为 μ ，重力加速度大小为 g ，则有

$$\mu mg = m\omega^2 r$$

解得

$$\mu g = \omega^2 r$$

可知，餐盘是否容易相对转盘滑动，与餐盘质量 m 无关，故 A 错误；

BD. 结合上述可知，餐盘到转盘中心的距离 r 越大，餐盘的角速度越大，餐盘越容易达到最大静摩擦力，越容易相对转盘滑动，故 BD 错误；

C. 根据上述可知，餐盘与转盘之间的动摩擦因数越大，提供的最大静摩擦力越大，餐盘越不容易相对转盘滑动，故 C 正确。

故选 C。

2. D

【详解】AB. 角速度较小时，根据牛顿第二定律可得 $kL - f = m\omega^2 \cdot 2L$

当圆盘的角速度 ω 由 0 缓慢增大至小物块相对圆盘滑动的过程中，弹簧弹力不变，摩擦力先减小后反向增大，故 AB 错误；

C. 小物块恰好不受摩擦力时，有 $kL = m\omega^2 \cdot 2L$

所以 $\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}$

故 C 错误；

D. 小物块相对圆盘恰好开始滑动时，有 $kL + f = m\omega^2 \cdot 2L$ ， $kL = f$

联立可得 $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

故 D 正确。

故选 D。

3 . B

【详解】ABD . 为保持 P 与斜面体相对静止 , 当物块 P 恰好不下滑时 , 有最小角速度 , 设为 ω_1 , 对物块

$$P, \text{水平方向有 } F_{N1}\sin\theta - \mu F_{N1}\cos\theta = m\omega_1^2 L\cos\theta$$

$$\text{竖直方向有 } F_{N1}\cos\theta + \mu F_{N1}\sin\theta = mg$$

$$\text{其中 } L=0.5\text{ m}, \mu=0.5, \text{联立可解得此时斜面体对 P 的支持力 } F_{N1} = \frac{100}{11}\text{ N}$$

$$\text{转台转动的角速度为 } \omega_1 = \frac{5\sqrt{22}}{11}\text{ rad/s};$$

$$\text{当物块 P 恰好不上滑时, 有最大角速度, 设为 } \omega_2, \text{水平方向有 } F_{N2}\sin\theta + \mu F_{N2}\cos\theta = m\omega_2^2 L\cos\theta$$

$$\text{竖直方向有 } F_{N2}\cos\theta = \mu F_{N2}\sin\theta + mg$$

$$\text{联立可解得此时斜面体对 P 的支持力 } F_{N2} = 20\text{ N}$$

$$\text{转台转动的角速度 } \omega_2 = 5\sqrt{2}\text{ rad/s}$$

$$\text{可知若 P 与斜面体保持相对静止, 斜面对 P 的支持力 } F_{N0} \text{ 满足 } \frac{100}{11}\text{ N} \leq F_{N0} \leq 20\text{ N}$$

$$\text{根据牛顿第三定律可得, P 对斜面的压力大小范围是 } \frac{100}{11}\text{ N} \leq F_N \leq 20\text{ N}$$

故 AD 错误, B 正确;

$$C . \text{当 P 与斜面间恰无摩擦力时, 对 P, 水平方向有 } mg\tan\theta = m\omega_3^2 L\cos\theta$$

$$\text{解得此时转台转动的角速度 } \omega_3 = \frac{5\sqrt{3}}{2}\text{ rad/s}$$

$$\text{则当 } \omega = \omega_3 = \frac{5\sqrt{3}}{2}\text{ rad/s 时, P 与斜面体无相对运动趋势, 此时若 Q 相对转台静止, 对 Q 有 } F_Q = m\omega_3^2 L$$

$$\text{可得 } F_Q = 9.375\text{ N}$$

$$\text{而 } \mu mg = 5\text{ N}$$

$$\text{则 } F_Q > \mu mg$$

所以此时 Q 会相对转台滑动, 故 C 错误。

故选 B。

4 . B

【详解】磁铁受到的向心力由摩擦力和重力的合力提供, 则有

$$F_n = m\omega^2 r$$

磁铁不滑动时，则有

$$f = \sqrt{F_n^2 + (mg)^2}$$

$$f = \mu F_0$$

联立解得

$$\omega = \sqrt[4]{\frac{\mu^2 F_0^2 - m^2 g^2}{m^2 r^2}}$$

故选 B。

5 . A

【详解】物块做匀速圆周运动的过程中，对其受力分析如左图所示，当角速度最大时，意味着静摩擦力达到最大，此时，地板对物块的作用力为 F ， F 与竖直方向的夹角为 θ ，且

$$\tan \theta = \mu$$

物块在匀速圆周运动过程中，向心力的大小总保持不变，画出矢量三角形如右图所示，图中虚线圆周的半径大小为向心力的大小， F 和 mg 的矢量和等于向心力，当 F 与 mg 的夹角为 θ 时，此时向心力达到最大。

故最大的向心力

$$F_n = mg \sin \theta = mg \frac{\mu}{\sqrt{\mu^2 + 1}}$$

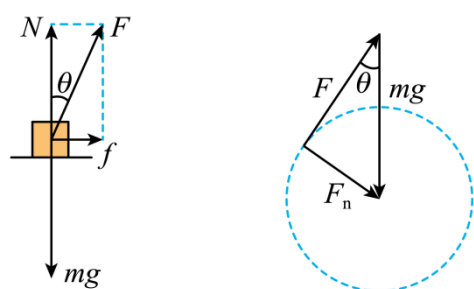
同时

$$F_n = m\omega^2 R$$

因此最大的角速度

$$\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{R\sqrt{\mu^2 + 1}}}$$

故选 A。



6 . D

【详解】由题意可得，轮 A 和 B 靠摩擦转动，边缘线速度相同，则 $\omega_A r_A = \omega_B r_B$

结合题意 $r_A = 2r_B$

解得 $\omega_A : \omega_B = r_B : r_A = 1:2$

对于在 A 边缘的木块，最大静摩擦力恰为向心力，即 $f_{\max} = m\omega_A^2 r_A$

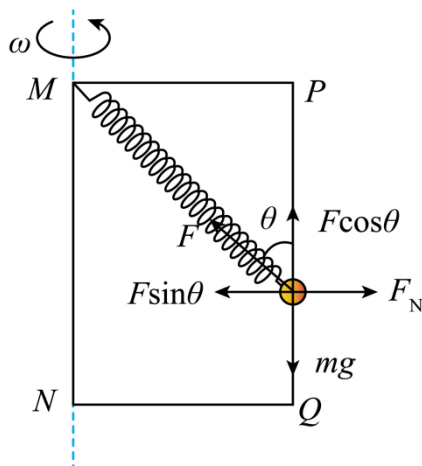
当在 B 轮上恰要滑动时，设此时半径为 R ，则有 $f_{\max} = m\omega_B^2 R$

联立解得 $R = \frac{r_A}{4}$

故选 D。

7. B

【详解】AB. 小球在水平面内做匀速圆周运动，由合外力提供向心力，如图所示



小球在竖直方向受力平衡，则有 $F \cos \theta = mg$

根据胡克定律有 $F = k(\frac{l_{MP}}{\sin \theta} - l_0)$

联立可得 $\frac{mg}{\cos \theta} = k(\frac{l_{MP}}{\sin \theta} - l_0)$

可知 θ 角为定值，弹簧弹力的大小不变，故 A 错误，B 正确；

C. 当角速度较小时，杆对小球的弹力 F_N 背离转轴，根据牛顿第二定律有 $F \sin \theta - F_N = m r \omega^2$

解得 $F_N = F \sin \theta - m r \omega^2$

当角速度较大时，杆对小球的弹力 F_{N1} 指向转轴，据牛顿第二定律有 $F \sin \theta + F_{N1} = m r \omega^2$

解得 $F_{N1} = m\omega^2 - F \sin \theta$

由题知 ω 增大，故杆对小球的弹力大小可能减小，也可能增大，故 C 错误；

D. 小球所受合外力的大小为 $F_{\text{合}} = m\omega^2$ ，由题知 ω 增大，故小球所受合外力的大小一定变大，故 D 错误。

故选 B。

8. C

【详解】当圆台转速较小时，三者都由静摩擦力提供向心力，由牛顿第二定律

$$f = m\omega^2 r$$

A、C 需要的向心力相等，当转速增大到 ω_1 时，由于 $m_A = 2m_B = 2m_C$ ，C 受静摩擦力先达到最大值；

ω 再增大，B、C 间细线开始有拉力，对 C，由牛顿第二定律

$$T_{BC} + \mu mg = 2m\omega^2 r$$

对 B

$$f_B - T_{BC} = m\omega^2 r$$

对 A

$$f_A = 2m\omega^2 r$$

当 $f_B = \mu mg$ 时， $T_{BC} = \frac{\mu mg}{3} < \frac{\mu mg}{2}$ ， $f_A = \frac{4\mu mg}{3} < 2\mu mg$ ；

ω 再增大，OB 间拉力出现，对 A

$$f_A = 2m\omega^2 r$$

对 B

$$T_{OB} + \mu mg - T_{BC} = m\omega^2 r$$

对 C

$$T_{BC} + \mu mg = 2m\omega^2 r$$

当 B、C 间细线拉力达到最大值时，即 $T_{BC} = \frac{1}{2}\mu mg$ 时

$$T_{OB} = \frac{\mu mg}{4} < \frac{\mu mg}{2}，f_A = \frac{3\mu mg}{2} < 2\mu mg$$

则 ω 再增大，B、C 间细线将断裂，故 C 最先滑动。ABD 错误，C 正确。

故选 C。

9 . B

【详解】当斗笠匀速转动时，每一串串珠会随斗笠一起做匀速圆周运动（同轴转动，角速度相同）。串珠的向心力由重力和绳子拉力的合力提供，即 $mg \tan \theta = m \omega^2 r$ （其中 θ 是绳子与竖直方向的夹角， r 是串珠到转轴的水平距离）

解得 $\tan \theta = \frac{\omega^2}{g} r$

公式说明越靠下的串珠，圆周运动半径 r 越大， $\tan \theta$ 也越大，即 θ 越大。

故选 B。

10 . AD

【详解】A . 由题知，小球能沿轨道运动恰好到达 C 点，则小球在 C 点的速度为

$$v_C = 0$$

则小球从 C 到 B 的过程中，有

$$mgR(1 - \cos \alpha) = \frac{1}{2}mv^2$$

$$F_N = mg \cos \alpha - m \frac{v^2}{R}$$

联立有

$$F_N = 3mg \cos \alpha - 2mg$$

则从 C 到 B 的过程中 α 由 0 增大到 θ ，则 $\cos \alpha$ 逐渐减小，故 F_N 逐渐减小，而小球从 B 到 C 的过程中，对轨道的压力逐渐增大，A 正确；

B . 由于 A 到 B 的过程中小球的速度逐渐减小，则 A 到 B 的过程中重力的功率为

$$P = -mgv \sin \theta$$

则 A 到 B 的过程中小球重力的功率始终减小，从 B 到 C 速度减小，速度的竖直分量减小，则重力的功率也减小，则 B 错误；

C . 从 A 到 C 的过程中有

$$-mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$v_0 = \sqrt{4gR}$$

C 错误；

D . 小球在 B 点恰好脱离轨道有

$$mg\cos\theta = m\frac{v_B^2}{R}$$

则

$$v_B = \sqrt{gR\cos\theta}$$

则若小球初速度 v_0 增大，小球在 B 点的速度有可能为 $\sqrt{gR\cos\theta}$ ，故小球有可能从 B 点脱离轨道， D 正确。

故选 AD 。

11. ABC

【详解】当小物体转到圆盘的最低点刚要滑动时，所受的静摩擦力沿斜面向上达到最大时，角速度为 ω_1 ，由牛顿第二定律得：

$$\mu mg \cos 30^\circ - mg \sin 30^\circ = m\omega_1^2 r$$

代入数据解得：

$$\omega_1 = 1.0 \text{ rad/s}$$

当小物体转到圆盘的最高点刚要滑动时，所受的静摩擦力沿斜面向下达到最大时，角速度为 ω_2 ，同理

$$\mu mg \cos 30^\circ + mg \sin 30^\circ = m\omega_2^2 r$$

$$\omega_2 = \sqrt{5} \text{ rad/s}$$

虽然 $\omega_2 > \omega_1$ ，但小物体从最高点向最低点转动过程中，摩擦力和重力无法提供出满足 $m\omega_2^2 r$ 向心力出来，

所以要保证小物体与圆盘始终保持相对静止，圆盘的角速度应取其通过最低点的最大角速度，故 D 错误， ABC 正确。

故选 ABC 。

12. BC

【详解】 AB ：当气嘴灯在最低点时，根据牛顿第二定律可得 $kx - mg = m\omega^2 R$

可知，角速度相同时， m 越大，弹簧伸长 x 越大，灯越容易接通，同时角速度越大， x 越大，灯越容易接通，故 A 错误， B 正确；

C ：在最低点静止时有 $kx_0 = mg$

当 M 、 N 刚接触时有 $k(x_0 + 0.05R) - mg = m\omega^2 R$

解得 $\omega = \sqrt{\frac{k}{20m}}$

故 C 正确；

D . 在最高点，有 $kx + mg = m\omega^2 R$

由此可知，弹簧的伸长量应小于最低点的伸长量，则气嘴灯不一定能发光，故 D 错误。

故选 BC。

13 . BD

【详解】AB . 对小球 A、B 及细圆管整体进行受力分析，设杆对细圆环的弹力为 F_N ，向上为正方向，则

$$F_N - (M + 2m)g = m \frac{v_A^2}{R} - m \frac{v_B^2}{R} = \frac{m}{R}(v_A^2 - v_B^2)$$

故选项 A 错误，B 正确；

C . 由上述表达式可知，当满足 $v_B^2 - v_A^2 = 20$ 时，杆对细圆管弹力为零，选项 C 错误；

D . 当 $v_A = 3\text{m/s}$ 、 $v_B = 6\text{m/s}$ 时，解得 $F_N = -28\text{N}$ ，故杆对细圆管的弹力向下，杆下端受压力向上，选项

D 正确。

故选 BD。

14 . CD

【详解】A . 在 h 一定的条件下，释放后小球的机械能守恒，其运动情况与小球的质量无关，故 A 错误；

BC . 设小球恰好通过 a 点时速度为 v ，圆周的光滑轨道半径为 R ，则有

$$mg = m \frac{v^2}{R}$$

可得

$$v = \sqrt{Rg}$$

小球离开 a 点做平抛运动，则平抛运动最小的水平距离为

$$s = vt = \sqrt{gR} \cdot 2\sqrt{\frac{2R}{g}} = \sqrt{2}R > R$$

所以，无论怎样改变 h 的大小，都不可能使小球通过 a 点后落回轨道内，故 B 错误，C 正确；

D . 如果 h 足够大，小球 a 点的速度足够大，小球可能会飞出 de 面之外，故 D 正确；

故选 CD。

15 . (1) $\omega_B = 2.5\text{rad/s}$

(2) 1s

$$(3) 2\sqrt{5}m$$

【详解】(1) 此时 A 的半径为 L ，则对 A 有 $F = m\omega^2 L$

设 BO 线与竖直方向夹角为 θ ，绳的张力为 F ，B 的半径为 $r_B = L \sin \theta$

对 B 有 $F \sin \theta = m\omega_B^2 r_B = m\omega_B^2 L \sin \theta$

竖直方向 $F \cos \theta = mg$

解得 $\cos \theta = \frac{4}{5}$ ， $\omega_B = 2.5 \text{ rad/s}$

(2) A 做圆周运动的线速度为 $v_A = \omega L = 5 \text{ m/s}$

当烧断细绳后，A 在木板上匀速运动 $L = v_A t_1$

可得 $t_1 = 0.4 \text{ s}$

A 离开木板后做平抛运动 $H = \frac{1}{2} g t_2^2$

解得 $t_2 = 0.6 \text{ s}$

故总时间为 $t = t_1 + t_2 = 1 \text{ s}$

(3) 当烧断细绳后，A 先匀速运动 L ，后做平抛运动；B 做平抛运动，A 做圆周运动的线速度为

$$v_A = \omega L = 5 \text{ m/s}$$

B 做圆周运动的线速度为 $v_B = \omega_B L \sin \theta = 3 \text{ m/s}$

$$\text{半径为 } r_B = L \sin \theta = \frac{6}{5} \text{ m}$$

做平抛运动过程中 A 的水平位移为 $x_A = v_A \sqrt{\frac{2H}{g}} = 3 \text{ m}$

做平抛运动过程中 B 的水平位移为 $x_B = v_B \sqrt{\frac{2(H - L \cos \theta)}{g}} = 0.6 \text{ m}$

由俯视图可知 A、B 落地点间距 $s = \sqrt{(L - L \sin \theta)^2 + (L + x_A - x_B)^2} = 2\sqrt{5} \text{ m}$

