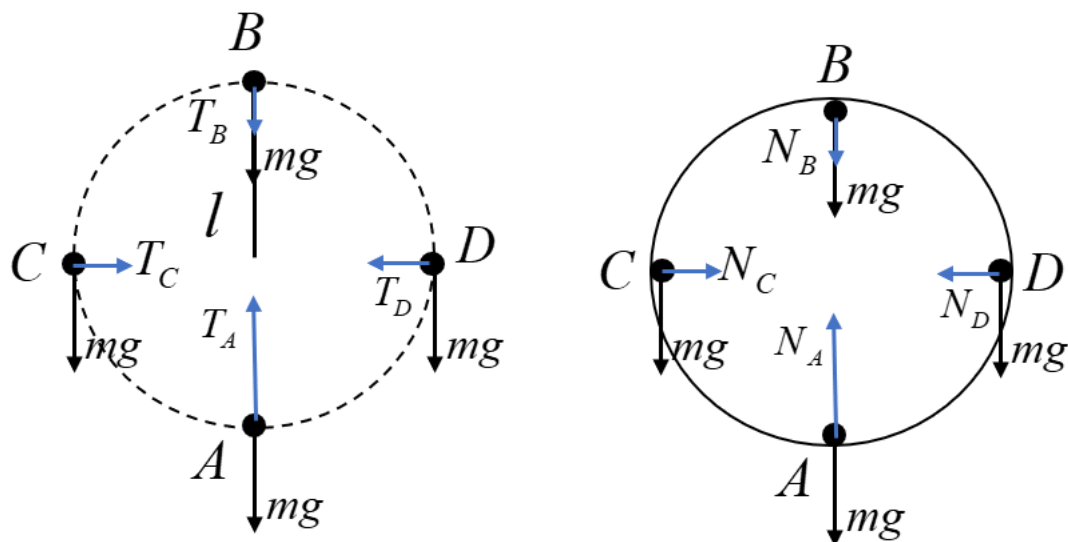


竖直面内圆周运动之绳模型与内轨模型

核心特点：

- 约束条件：绳子只能提供拉力，无法提供支持力；轨道只能提供向内的支持力
- 临界速度：最高点拉力或支持力为零时，速度达到最小值 $v_{\min} = \sqrt{gr}$ 。



最高点 B 受力与临界速度

- 公式： $T_B + mg = m \frac{v^2}{r}$ ，当 $T = 0$ 时， $v_{\min} = \sqrt{gr}$ 。

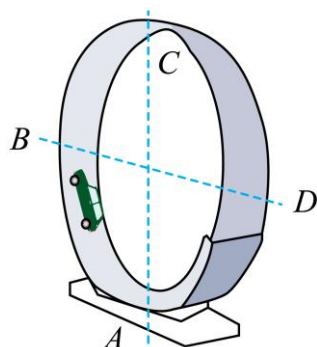
最低点 A 拉力计算

- 公式： $T_A - mg = m \frac{v^2}{r}$ ，拉力最大。

最左侧 C 或最右侧 D 拉力计算：

- 公式： $T_C = m \frac{v^2}{r}$

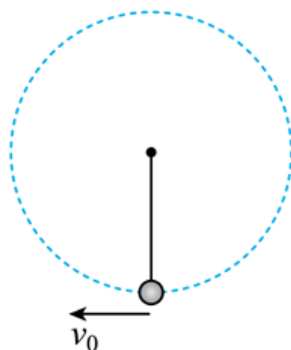
1. 如图，玩具小车在轨道上做匀速圆周运动，测得小车1s绕轨道运动一周，圆轨道半径为0.3m，玩具小车的质量为0.5kg， AC 为过圆心竖直线， BD 为过圆心水平线，重力加速度 g 大小取 10m/s^2 ，小车看作质点，下列说法正确的是（ ）



- A. 小车在 BD 下方运动时处于失重状态
B. 小车在 B 点不受摩擦力作用
C. 小车在 C 点时对轨道的压力恰好为零
D. 小车在 A 点时对轨道的压力比在 C 点时大10N

【答案】 D

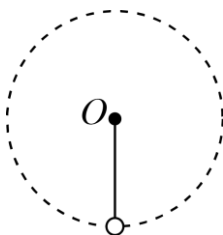
2. 我国航天员在“天宫课堂”中演示了多种有趣的实验，提高了青少年科学探索的兴趣。某同学设计了如下实验：细绳一端固定，另一端系一小球，给小球一初速度使其在竖直平面内做圆周运动。无论在“天宫”还是在地面做此实验（ ）



- A. 小球的速度大小均发生变化
B. 小球的向心加速度大小均发生变化
C. 细绳的拉力对小球均不做功
D. 细绳的拉力大小均发生变化

【答案】 C

3. 不可伸长的轻绳一端系有一小球，另一端固定在光滑的转轴 O 上，现给球一初速度，使球和轻绳一起绕 O 轴在竖直面内转动，不计空气阻力。关于球过最高点时轻绳对小球的作用力，说法正确的是（ ）



- A.可能是拉力，也可能是推力 B.一定是拉力
C.一定等于 0 D.可能是拉力，也可能等于 0

【答案】 D

4. (多选)用长为 L 的细绳拴着质量为 m 的物体，在竖直平面内做圆周运动，则 ()

- A.小球过最高点时，绳子张力可以为零
B.小球过最高点时的最小速度是 0
C.小球刚好过最高点时的速度是 $\sqrt{gL}$
D.小球过最高点时，绳子对小球的作用力可以与球所受重力方向相反

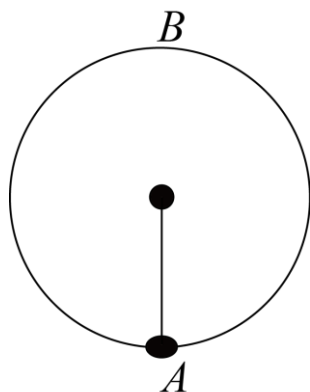
【答案】 AC

5. (多选)轻绳一端固定在光滑水平轴 O 上，另一端系一质量为 m 的小球，在最低点给小球一初速度，使其在竖直平面内做圆周运动，且刚好能通过最高点 P 。下列说法正确的是 ()

- A.小球在最高点时对绳的拉力为零
B.小球在最高点时对绳的拉力大小为 mg
C.若增大小球的初速度，则过最高点时球对绳的力一定增大
D.若增大小球的初速度，则在最低点时球对绳的力一定增大

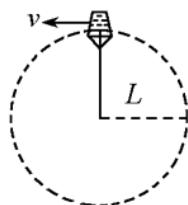
【答案】 ACD

6. 如图所示，长度为 $L = 1.0\text{m}$ 的绳，拴着一质量 $m = 1\text{kg}$ 小球在竖直面内做圆周运动，已知绳子能够承受的最大张力为 74N ，运动过程中绳子始终处于绷紧状态，分析绳子在 A 处还是 B 处易断 _____，求出绳子断时小球的线速度 _____。



【答案】 A 8m/s

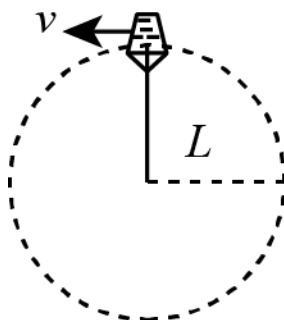
7. (多选)杂技演员表演“水流星”，在长为1.6m的细绳的一端，系一个总质量为 $m = 0.5\text{kg}$ 的盛水容器，以绳的一端为圆心，在竖直面内做圆周运动，如图所示，若“水流星”通过最高点的速度为 $v = 4\text{m/s}$ ，则下列哪些说法正确（ $g = 10\text{m/s}^2$ ）



- A. “水流星”通过最高点时，有水从容器中流出
- B. “水流星”通过最高点时，绳的张力及容器底受到的压力均为零
- C. “水流星”在竖直面内可能做匀速圆周运动
- D. “水流星”在竖直面内一定做变速圆周运动

【答案】 BD

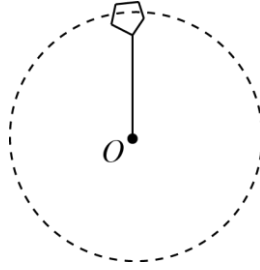
8. (多选)如图所示，杂技演员表演“水流星”，在长为1.6m的细绳的一端，系一个总质量为 $m = 0.5\text{kg}$ 的盛水容器，以绳的一端为圆心，在竖直平面内做圆周运动，若“水流星”通过最高点的速度为 $v = 4\text{m/s}$ ，则下列说法中正确的是（ ）



- A. “水流星”通过最高点时，有水从容器中流出
- B. “水流星”通过最高点时，绳的张力及容器底受到的压力均为零
- C. “水流星”通过最高点时，处于完全失重状态，不受力的作用
- D. “水流星”通过最低点时，绳的张力及容器底受到的压力最大

【答案】 BD

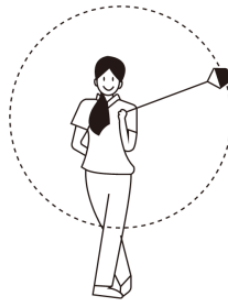
9. 如图所示为杂技演员在竖直平面内表演“水流星”的装置，水杯通过最高点的速率为 5m/s ，已知质量为 0.3kg 的杯子里盛有 0.5kg 的水，运动半径为 1m ，杯子可视为质点， $g = 10\text{m/s}^2$ ，则下列说法正确的是（ ）



- A.为使表演成功，杯子在最高点的速率不能超过 $\sqrt{10}\text{m/s}$
- B.最高点时，杯中的水受到重力、弹力、向心力三个力的作用
- C.最高点时，水对杯底的压力大小为 4.5N
- D.最高点时，绳子拉力大小为 12N

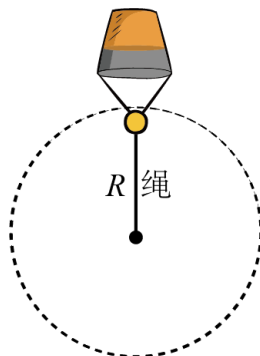
【答案】 D

10. 如图所示，在“水流星”的杂技表演中，表演者的手到碗的距离为 l ，且手与碗在同一竖直平面内，碗可视为质点，重力加速度为 g 。要使水不洒出、则碗通过最高点的
最小速度为 _____ ；若绳子能够承受的最大拉力是碗和碗内水的总重力
的 8 倍，要使绳子不断，则碗通过最低点的最大速度为 _____ 。



【答案】 $\sqrt{gl}$ $\sqrt{7gl}$

11. 如图所示，质量为 0.1kg 的木桶内盛水 0.4kg ，用 50cm 的绳子系桶，使它在竖直面内做
圆周运动。如果通过最高点和最低点时的速度大小分别为 9m/s 和 10m/s (g 取
 10m/s^2) 求

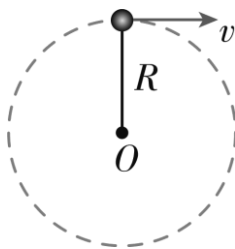


- (1) 木桶通过最高点时，桶中的水不下落的最小速度 (结果可用根号)。

- (2) 木桶在最高点对绳的拉力.
 (3) 木桶在最低点水对桶的压力.

【答案】 (1) $\sqrt{5}\text{m/s}$
 (2) 76N
 (3) 84N

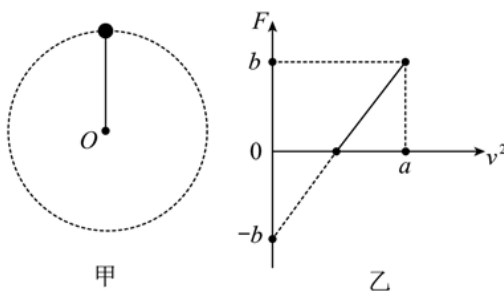
12. 如图所示, 一质量为 $m = 0.5\text{kg}$ 的小球, 用长为 0.4m 的轻绳拴住在竖直平面内做圆周运动. g 取 10m/s^2 , 求:



- (1) 小球要做完整的圆周运动, 在最高点的速度至少多大?
 (2) 当小球在最高点的速度为 4m/s 时, 轻绳的拉力为多大?
 (3) 若轻绳能承受的最大张力为 45N , 小球的速度不能超过多大值?

【答案】 (1) 2m/s
 (2) 15N
 (3) $4\sqrt{2}\text{m/s}$

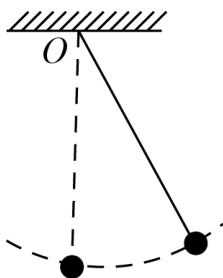
13. 如图甲所示, 轻绳一端固定在 O 点, 另一端固定一小球 (可看成质点), 让小球在竖直平面内做圆周运动. 改变小球通过最高点时的速度大小 v , 测得相应的轻绳弹力大小 F , 得到 $F - v^2$ 图象如图乙所示, 已知图线的延长线与纵轴交点坐标为 $(0, -b)$, 斜率为 k . 不计空气阻力, 重力加速度为 g , 则下列说法正确的是 ()



- A. 该小球的质量为 bg
 B. 小球运动的轨道半径为 $\frac{b}{kg}$
 C. 图线与横轴的交点表示小球所受的合外力为零
 D. 当 $v^2 = a$ 时, 小球的向心加速度为 g

【答案】 B

14. 如图所示，细绳的一端固定于 O 点，另一端系一个小球，小球从某一高度摆下。当小球经过最低点时，下列说法正确的是（ ）



- A. 细绳对小球拉力的大小可能为零
- B. 小球经过最低点的速度越大，细绳对小球的拉力越小
- C. 小球经过最低点的速度越大，细绳对小球的拉力越大
- D. 细绳对小球的拉力大小与小球经过最低点的速度大小无关

【答案】 C

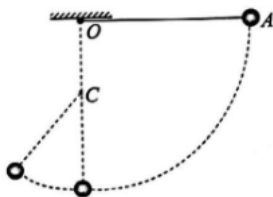
15. 如图，一同学表演荡秋千。已知秋千的两根绳长均为 10m ，该同学和秋千踏板的总质量约为 50kg 。绳的质量忽略不计，当该同学荡到秋千支架的正下方时，速度大小为 8m/s ，此时每根绳子平均承受的拉力约为（ ）



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

【答案】 B

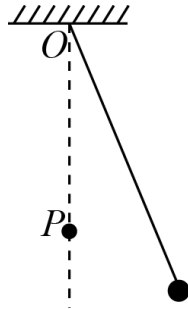
16. 如图所示，长为 L 的悬线固定在 O 点，在 O 点正下方有一钉子 C ， O 、 C 的距离为 $\frac{L}{2}$ ，把悬线另一端的小球 A 拉到跟悬点在同一水平面处无初速度释放，小球运动到悬点正下方，悬线碰到钉子瞬间（ ）



- A. 小球的线速度突然增大为原来的2倍
- B. 小球的加速度突然增大为原来的2倍
- C. 小球受的拉力突然增大为原来的2倍
- D. 小球的向心力突然增大为原来的4倍

【答案】 B

17. 细绳的一端固定于 O 点，另一端系一小球，在 O 点正下方钉一个钉子 P ，小球从一定高度摆下，当细绳与钉子相碰时，下列说法中正确的是（ ）



- A. 小球越轻，绳子越容易断
B. 钉子的位置越靠近 O 点，绳就越容易断
C. 钉子的位置越靠近小球，绳就越容易断
D. 绳子断裂的容易程度与钉子的位置无关

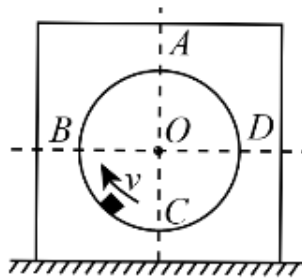
【答案】 C

18. 一重球用细绳悬挂在匀速前进中车厢天花板上，当车厢突然制动时，则（ ）

- A. 绳的拉力突然变小
B. 绳的拉力突然变大
C. 绳的拉力没有变化
D. 无法判断拉力有何变化

【答案】 B

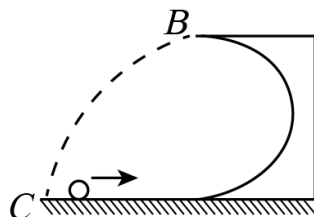
19. 如图所示，质量为 M 的物体内有光滑圆形轨道，现有一质量为 m 的小滑块沿该圆形轨道在竖直面内做圆周运动。A、C点为圆周的最高点和最低点，B、D点是与圆心 O 处于同一水平线上的点。小滑块运动时，物体在地面上静止不动，则物体对地面的压力 F_N 和地面对物体的摩擦力有关说法正确的是（ ）



- A. 小滑块在A点时， $F_N > Mg$ ，摩擦力方向向左
B. 小滑块在B点时， $F_N = Mg$ ，摩擦力方向向右
C. 小滑块在C点时， $F_N = (M + m)g$ ， M 与地面无摩擦
D. 小滑块在D点时， $F_N = (M + m)g$ ，摩擦力方向向左

【答案】 B

20. 如图所示，一光滑的半径为 R 圆形轨道固定在水平面上，一个质量为 m 的小球以某一速度冲上轨道，当小球即将从轨道口 B 点飞出时，轨道的压力恰好为零，则



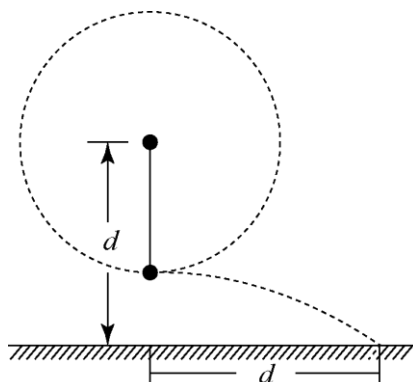
- (1) 小球通过 B 点时的速度多大.
 (2) 小球落地点 C 距 A 点 (A 点在 B 点正下方) 处多远.
 (3) 已知小球通过 A 点时对轨道压力为其重力的6倍，则其通过 A 点时速度多大.

【答案】 (1) $\sqrt{gR}$

(2) $2R$

(3) $\sqrt{5gR}$

21. 某同学站在水平地面上，手握不可伸长的轻绳一端，绳的另一端系有质量为 m 的小球，甩动手腕，使球在竖直平面内做圆周运动。当球某次运动到最低点时，绳突然断掉，球飞行水平距离 d 后落地，如图所示。已知握绳的手离地面高度为 d ，手与球之间的绳长为 $\frac{3}{4}d$ ，重力加速度为 g 。忽略手的运动半径和空气阻力。求：



- (1) 绳断时球的速度大小 v_1 .
 (2) 绳能承受的最大拉力 T .

【答案】 (1) $\sqrt{2gd}$

(2) $\frac{11}{3}mg$