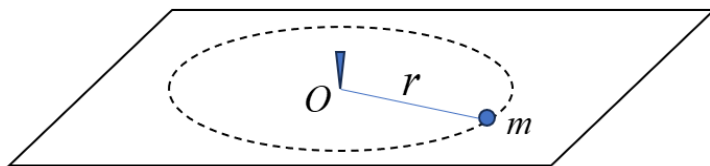


水平面内圆周运动之绳拉小球



一、考点分析

1. 向心力的计算与分析

- 公式应用：利用 $F_n = m\omega^2 r = m \frac{v^2}{r}$ 计算绳子拉力 T 。
- 例题：已知小球质量 $m=0.5\text{kg}$ ，绳长 $r=2\text{m}$ ，角速度 $\omega=3\text{rad/s}$ ，求拉力 T 。
解析：

$$T = m\omega^2 r = 0.5 \times 3^2 \times 2 = 9\text{N}$$

2. 临界问题（最大速度与最小角速度）

- 条件：绳子最大拉力 $T_{\max}$ 对应的极限运动参数。
- 例题：若绳子最大承受力 $T_{\max} = 20\text{N}$ ，求小球在 $r=1\text{m}$ 时的最大线速度

$v_{\max}$ 。

$$\text{解析： } T_{\max} = m \frac{v_{\max}^2}{r} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{T_{\max} \cdot r}{m}}$$

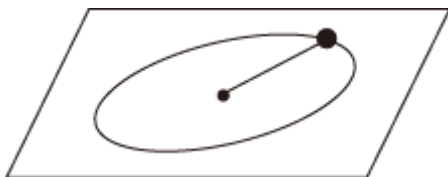
3. 绳长变化的动态分析

- 绳子逐渐缠绕在转轴上，导致半径逐渐变小
- 绳子在某一时刻被钉子挡住，导致半径突然变小
- 绳子在某一时刻突然松开再拉紧，在一个更大的半径上做匀速圆周运动

4. 双球模型：两球通过绳子连接，绕共同圆心旋转，分析拉力与运动参数的关系。

二、例题

1. 如图所示，一个小球被细线拉着在光滑水平面上做匀速圆周运动。关于小球的受力情况，以下说法中正确的是（ ）



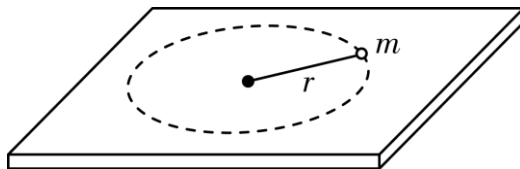
- A. 球受重力、支持力、线拉力、向心力的作用 B. 球受重力、支持力、线拉力的作用

C.球受重力、支持力、向心力的作用

D.球受重力、线拉力、压力

【答案】 B

2. 如图所示，在光滑水平面上，一质量为 m 的小球在绳的拉力作用下做半径为 r 的匀速圆周运动，小球运动的线速度为 v ，小球运动的角速度为 ω ，则绳的拉力大小为（ ）



A. $m\frac{v}{r}$

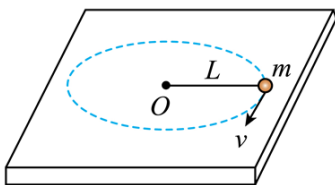
B. $m\omega r$

C. $m\frac{v^2}{r}$

D. $m\omega^2 r$

【答案】 CD

3. 如图所示，足够大的光滑水平桌面上固定一光滑钉子 O ，一长 $L = 0.5\text{m}$ 的细线一端套系在钉子上，一端系在光滑的小球上，先将细线恰好拉直，再给小球一垂直于细线方向的初速度 v_0 ，小球在桌面上做圆周运动，已知小球质量 $m = 0.5\text{kg}$.



(1) 若 $v_0 = 5\text{m/s}$ ，求小球的角速度大小 ω ；

(2) 若 $v_0 = 5\text{m/s}$ ，求细线对小球的拉力大小 F ；

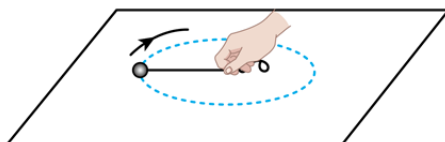
(3) 若细线最大能承受 100N 的拉力，现不断增大小球的速度，当细线断裂后 2s 内，小球的位移大小是多少？

【答案】 (1) 10rad/s

(2) 25N

(3) 20m

4. 如图，用手握住细线，让质量 $m = 2\text{kg}$ 的小球在光滑水平桌面上以 $v = 1\text{m/s}$ 的速率做匀速圆周运动，其半径 $r = 0.3\text{m}$ 。某时刻突然松手，使细线迅速放长 0.2m 后，又迅速用手握住细线，保证小球在更大半径的新轨道做匀速圆周运动，已知大半径的圆与小半径的圆为同心圆。求：



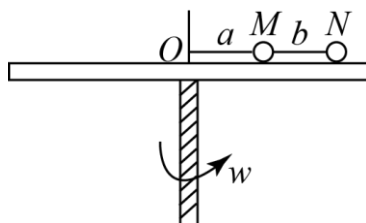
(1) 细线迅速放长 0.2m 所经历的时间；

(2) 在大半径新轨道上运动时小球的角速度；

(3) 在大半径新轨道上运动时，细线对小球的拉力。

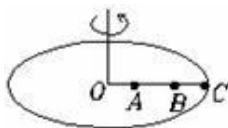
- 【答案】 (1)0.4s;
 (2)1.2rad/s;
 (3)1.44N.

5. 如图所示, $OM = MN = R$, 两球质量都是 m , a 、 b 为水平轻绳. 小球正随水平圆盘以角速度 ω 匀速转动, 摩擦不计, 则绳 a 的拉力为 _____, 绳 b 的拉力为 _____.



【答案】 $3m\omega^2 R$ $2m\omega^2 R$

6. 如图所示, 三段细线长 $OA = AB = BC$, A 、 B 、 C 三球质量相等, 当它们绕 O 点在光滑的水平桌面上以相同的角速度做匀速圆周运动时, 则三段线的拉力 $T_{OA} : T_{AB} : T_{BC}$ 为 ()



A.1:2:3

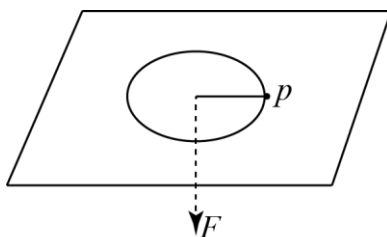
B.6:5:3

C.3:2:1

D.9:3:1

【答案】 B

7. 如图所示, 有一质量为 m 的小球 p 与穿过光滑水平板上小孔 O 的轻绳相连, 用手拉着绳子另一端, 使小球在水平板上绕 O 点做半径为 a 、角速度为 ω 的匀速圆周运动, 求:



(1) 此时绳上的拉力有多大.

(2) 若将绳子从此状态迅速放松, 后又拉直, 使小球绕 O 做半径为 b 的匀速圆周运动. 从放松到拉直这段过程经历了多长时间.

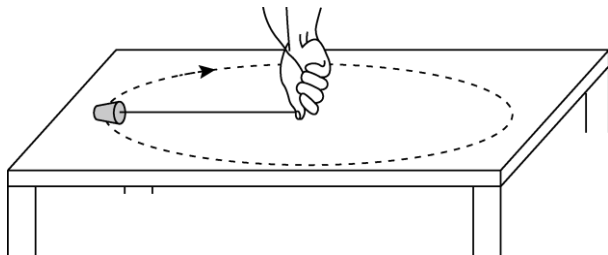
(3) 小球做半径为 b 的匀速圆周运动时, 绳子上的拉力又是多大.

【答案】 (1) $F = m\omega^2 a$

$$(2) t = \frac{\sqrt{b^2 - a^2}}{\omega a}$$

$$(3) F' = \frac{m\omega^2 a^4}{b^3}$$

8. 如图为“感受向心力”的实验装置图：用一根轻质细绳一端栓一个物块（如小球或软木塞）在光滑水平桌面上抡动细绳使物块做匀速圆周运动。



(1) 下列说法错误的是_____。

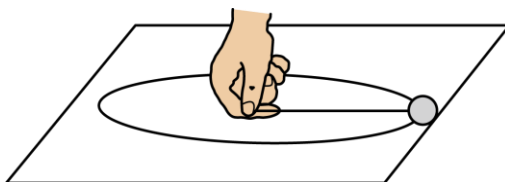
- A. 物块的加速度恒定不变
- B. 细绳拉力提供物块做圆周运动的向心力
- C. 物块转动半径不变时，物块转动越快，手感受到的拉力越大
- D. 若增大物块的质量而转动的快慢和半径不变，手感受到的拉力变大

(2) 用长短不同、承受最大拉力相同的两根绳子各栓着一个质量相同的小球，若两个小球以相同的角速度转动，则 _____ 绳容易断（填“长”或“短”）；若两个小球以相同的线速度转动，则 _____ 绳容易断（填“长”或“短”）。

【答案】 (1) A

(2) 长短

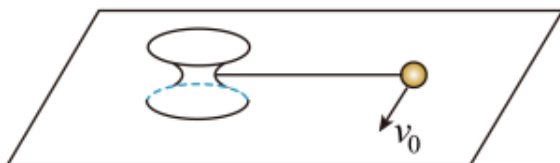
9. 如图所示为“感受向心力”的实验，用一根细绳，一端拴着一个小球，在光滑桌面上抡动细绳，使小球做圆周运动，通过拉力来感受向心力。下列说法正确的是（ ）



- A. 只减小旋转角速度，拉力增大
- B. 只加快旋转速度，拉力减小
- C. 只更换一个质量较大的小球，拉力增大
- D. 突然放开绳子，小球仍做曲线运动

【答案】 C

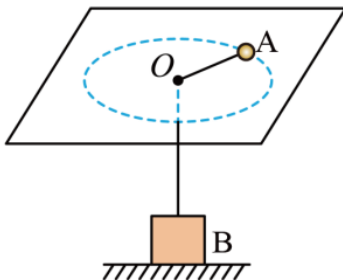
10. 如图所示，在光滑水平桌面上，固定一个陀螺形柱体，不可伸长的细绳一端固定在柱体腰部中央，另一端与小球相连，细绳足够长，初始时处于伸直状态，现给小球一个垂直于细绳且平行于桌面的初速度 v_0 ，不计细绳和柱体间的摩擦，细绳始终和桌面平行。下列说法正确的是（ ）



- A. 小球受到4个力作用
- B. 小球做匀速圆周运动
- C. 小球的速率逐渐增大
- D. 细绳的拉力逐渐增大

【答案】 D

11. 如图所示, 在足够大的光滑水平桌面上有一光滑小孔 O , 一根细线穿过小孔, 一端连接质量 $m = 0.2\text{kg}$ 的小球 A , 另一端连接水平地面上质量 $M = 0.3\text{kg}$ 的物体 B , 小孔 O 与小球 A 的距离 $L_1 = 0.15\text{m}$, 小孔 O 与物体 B 的距离 $L_2 = 0.25\text{m}$. 使小球 A 做匀速圆周运动, 取重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$, 小球 A 与物体 B 均视为质点, 不计桌面的厚度.



- (1) 试证明当小球 A 做匀速圆周运动的线速度大小 $v_1 = 1\text{m/s}$ 时, 物体 B 未离开地面;
- (2) 要使物体 B 不与桌面接触, 求小球 A 做匀速圆周运动的线速度大小 v 应满足的条件;
- (3) 求当小球 A 做匀速圆周运动的线速度大小 $v_2 = 1.8\text{m/s}$ 时, 物体 B 距地面的高度 h .

【答案】 (1) 见解析

(2) $v \leq \sqrt{6}\text{m/s}$

(3) 0.066m

12. 如图所示, 光滑水平面上钉有两根相距为 l 的铁钉 O 和 O' , 一段长为 $2l$ 的细线一端系于 O 点, 另一端连一质量为 m 的小球, 小球位于 $O'O$ 的延长线上. 若小球以垂直于细线, 平行于水平面的速度 v 开始运动 (每次细线触碰铁钉, 均不改变小球速度大小), 求:



- (1) 细线接触到铁钉 O' 后, 小球的角速度的大小;
- (2) 细线接触到铁钉 O' 后, 细线受到的拉力的大小;
- (3) 小球从开始运动到小球与铁钉 O 相碰的过程中, 所经历的时间.

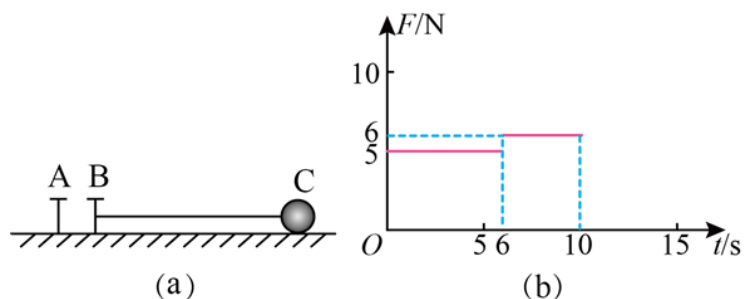
【答案】 (1) $\frac{v}{l}$;

(2) $m \frac{v^2}{l}$;

(3) $\frac{3\pi l}{v}$.

13. 如图 (a) 所示, A 、 B 为钉在光滑水平面上的两根铁钉, 小球 C 用细绳拴在铁钉 B 上 (细绳能承受足够大的拉力) A 、 B 、 C 在同一直线上. $t = 0$ 时, 给小球一个垂直于绳的速

度，使小球绕着两根铁钉在水平面上做圆周运动。在 $0 \leq t \leq 10\text{s}$ 时间内，细绳的拉力随时间变化的规律如图 (b) 所示，则：



(1) 两钉子间的距离为绳长的几分之几？

(2) $t = 10.5\text{s}$ 时细绳的拉力大小？

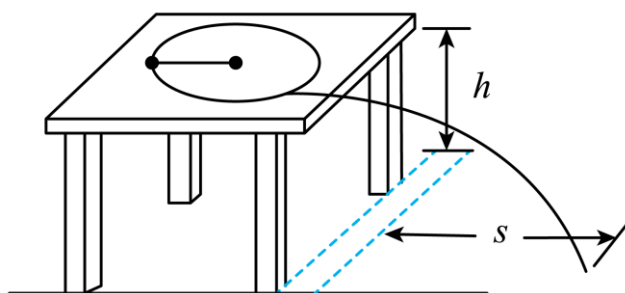
(3) $t = 12.5\text{s}$ 时细绳的拉力大小？

【答案】 (1) $\frac{1}{6}$;

(2) 6N;

(3) 7.5N.

14. 如图所示，一根长 $R = 0.1\text{m}$ 的细线，一端系着一个质量 $m = 0.18\text{kg}$ 的小球，拉住线的另一端，使小球在光滑的水平桌面上做匀速圆周运动。现使小球的角速度缓慢地增大，当小球的角速度增大到开始时的3倍时，细线断开，细线断开前的瞬间受到的拉力比开始大40N。取 $g = 10\text{m/s}^2$ 。



(1) 求细线断开前的瞬间，小球受到的拉力大小；

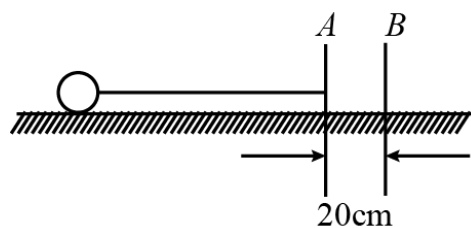
(2) 若小球离开桌面时，速度方向与桌面右边缘垂直，桌面高出水平地面 $h = 0.8\text{m}$ ，求小球飞出后的落地点到桌面右边缘的水平距离 s 。

【答案】 (1) 45N

(2) 2m

15. 如图所示，在光滑的水平面上钉两个钉子A和B，相距20cm，用一根1m长的细绳，一端系一质量为0.4kg的小球，另一端固定在钉子A上。开始时小球与钉子A、B在一直线上，

然后使小球以 2 m/s 的速率开始在水平面内作匀速圆周运动，若绳子能承受的最大张力是 3.9 N ，那么从开始到绳断所经历的时间是多少？



【答案】 3.77 s