

2024 届高三期初学业质量监测试卷

物理

一、单项选择题：共 10 题，每题 4 分，共 40 分。每题只有一个选项最符合题意。

1. “投壶”是古代六艺之一，如图所示，投者在一定距离外，将箭水平投向壶中，不计空气阻力，则箭头（ ）



- A. 在空中的轨迹是直线
- B. 在空中的位移一直增大
- C. 速度的大小可以保持不变
- D. 入壶时速度方向竖直向下

【答案】B

【详解】A. 箭在空中的轨迹是曲线，选项 A 错误；

B. 在空中的水平位移和竖直位移均增大，则合位移一直增大，选项 B 正确；

C. 箭运动中水平速度不变，竖直速度增加，则箭速度的大小不断增加，选项 C 错误；

D. 入壶时箭有水平速度，则速度方向不可能竖直向下，选项 D 错误。

故选 B。

2. 日本将福岛核电站的核污水排向大海，引起许多国家的强烈抗议。核污水中含有放射性物质，其中氚 ${}^3_1\text{H}$ 的衰变反应为 ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_{-1}\text{e}$ ，下列说法正确的是（ ）

- A. 该核反应为 α 衰变
- B. 若海水升温，会加快氚核的衰变
- C. ${}^3_1\text{H}$ 的比结合能大于 ${}^3_2\text{He}$ 的比结合能
- D. ${}^3_1\text{H}$ 的质量大于 ${}^3_2\text{He}$ 与 ${}^0_{-1}\text{e}$ 质量之和

【答案】D

【详解】A. 根据核反应方程可知，该核反应为 β 衰变，A 错误；

B. 氚核的半衰期由核内部自身的因素决定的，与原子所处的化学状态和外部条件无关，所以海水升温，不会加快氚核的衰变，B 错误；

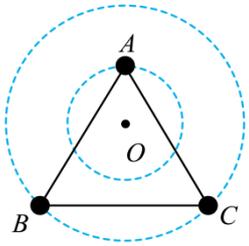
C. 衰变时放出核能，产生的新核的比结合能变大，所以 ${}^3_1\text{H}$ 的比结合能小于 ${}^3_2\text{He}$ 的比结合能，C 错误；

D. 衰变时放出核能，质量亏损，所以 ${}^3_1\text{H}$ 的质量大于 ${}^3_2\text{He}$ 与 ${}^0_{-1}\text{e}$ 质量之和，D 正确。

故选 D。

3. 如图所示，A、B、C 三颗星体分别位于等边三角形的三个顶点上，在相互之间的万有引力作用下，绕圆心 O 在三角形所在的平面内做匀速圆周运动， $r_{BO} = r_{CO} = 2r_{AO}$ 。忽略其他星体对它们的作用，则下列关系正确的是

()



A. 星体的线速度 $v_A = 2v_B$

B. 星体的加速度 $2a_A = a_B$

C. 星体所受合力 $F_A = F_B$

D. 星体的质量 $m_A = m_B$

【答案】 B

【详解】 A. 三星系统是三颗星都绕同一圆心 O 做匀速圆周运动，由此它们转动的角速度相同，由线速度与角速度的关系公式 $v = \omega r$ ，可知星体的线速度

$$v_A = \frac{1}{2}v_B$$

A 错误；

B. 由向心加速度公式 $a = \omega^2 r$ ，可得星体的加速度

$$a_A = \omega r_{AO}$$

$$a_B = \omega r_{BO} = 2\omega r_{AO}$$

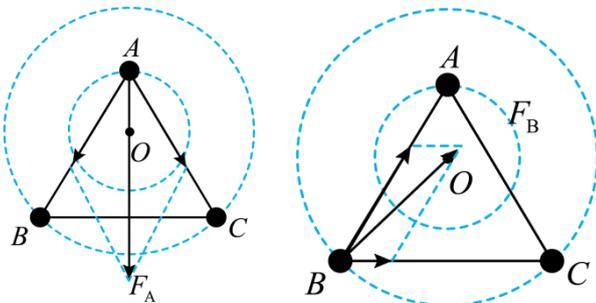
则有

$$2a_A = a_B$$

B 正确；

C. 三颗星都绕同一圆心 O 做匀速圆周运动，因此可得星体 A、B 受力如图所示，由解析题图可知，A、B 间的万有引力大小等于 A、C 间的万有引力大小，B、C 间的万有引力大小小于 A、C 间的万有引力大小，分力的夹角相等，因此

$$F_A > F_B$$



C 错误

D. 由解析题图可知，A、B 间的万有引力大小等于 A、C 间的万有引力大小，可知

$$m_B = m_C$$

B、C 间的万有引力大小小于 A、C 间的万有引力大小，可知

$$m_A > m_C$$

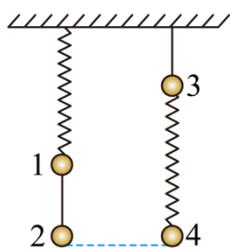
则有

$$m_A > m_B$$

D 错误。

故选 B。

4. 用两根相同的细绳和弹簧分别将小球 1、2 和小球 3、4 悬挂起来，静止时 2、4 两球等高，如图所示。则关于小球的质量关系一定正确的是 ()



- A. $m_1 > m_3$ B. $m_2 = m_3$ C. $m_1 < m_4$ D. $m_2 = m_4$

【答案】C

【详解】悬挂小球 1、2 的弹簧弹力等于小球 1、2 的总重力，悬挂小球 3、4 的弹簧弹力等于小球 4 的重力。两弹簧伸长量相同，弹力相等，说明小球 1、2 的总质量等于小球 4 的质量。而小球 3 的质量无法判断。

故选 C。

5. 随着现代工艺提升，最薄的金箔比人的指甲还薄一百万倍，仅两个原子厚度。黄金的密度约为 $2.0 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$ ，质量为 0.1 kg 的黄金可以打造金箔的最大面积约为 ()

- A. 10^2 m^2 B. 10^4 m^2 C. 10^6 m^2 D. 10^8 m^2

【答案】B

【详解】由物质的质量与密度及体积的关系式 $m = \rho V$ ，可得

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{0.1}{2.0 \times 10^4} \text{ m}^3 = 5.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

两个金原子厚度为

$$d = 4.7 \times 10^{-10} \text{ m}$$

质量为 0.1 kg 的黄金可以打造金箔的最大面积约为

$$S = \frac{V}{d} = \frac{5.0 \times 10^{-6}}{4.7 \times 10^{-10}} = 1.1 \times 10^4 \text{ m}^2$$

ACD 错误，B 正确。故选 B。

6. 如图，“双人花样滑冰”训练时男运动员以自己为转动轴拉着女运动员沿冰面做圆周运动，两人手臂伸直，女运动员始终未离开地面。男运动员缓慢下蹲，手中拉力大小恒定，则女运动员（ ）



- A. 线速度大小恒定不变
- B. 转动的角速度恒定不变
- C. 受到的合外力大小不变
- D. 加速度方向始终沿着伸直的手臂方向

【答案】B

【详解】A. 男运动员拉力的水平分力提供女运动员的向心力，设拉力与水平方向夹角为 θ ，女运动员重心到转动轴沿手臂的距离为 l 不变，则

$$F \cos \theta = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r, \quad \cos \theta = \frac{r}{l}$$

得

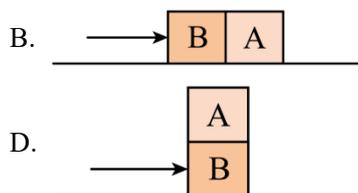
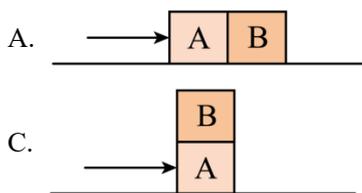
$$v = \sqrt{\frac{Fl \cos^2 \theta}{m}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{F}{ml}}$$

男运动员缓慢下蹲， θ 减小，则女运动员线速度增大，加速度不变，A 错误，B 正确；

- C. 合力等于拉力的水平分力，故增大，C 错误；
- D. 加速度方向始终沿水平方向指向圆心，D 错误。

故选 B。

7. 质量分别为 $2m$ 和 m 的 A、B 两物块，在恒力 F 作用下沿光滑的水平面一起向前匀加速。下列情形中 A 对 B 的作用力最大的是（ ）



【答案】D

【详解】对选项 A 整体分析，根据牛顿第二定律

$$F = (2m + m)a$$

对 B

$$N_1 = ma$$

得

$$N_1 = \frac{F}{3}$$

同理，B 选项中 A、B 间作用力为

$$N_2 = \frac{2F}{3}$$

同理于 AB 选项，在选项 C 中，A、B 间静摩擦力为

$$f_1 = \frac{F}{3}$$

A、B 间作用力为

$$F_1 = \sqrt{\left(\frac{F}{3}\right)^2 + (mg)^2}$$

选项 D 中，A、B 间静摩擦力为

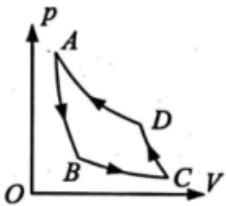
$$f_2 = \frac{2F}{3}$$

A、B 间作用力为

$$F_2 = \sqrt{\left(\frac{2F}{3}\right)^2 + (2mg)^2}$$

故选 D。

8. 1824 年，法国工程师卡诺提出了具有重要理论意义的循环过程——卡诺循环。如图所示为一定质量的理想气体卡诺循环的 $p-V$ 图像，该循环由两个绝热和两个等温过程组成，则下列说法正确的是（ ）



- A. $T_A < T_B$
- B. $T_B < T_C$
- C. 整个循环过程中系统吸收的热量大于放出的热量
- D. $A \rightarrow B$ 气体对外界做的功等于 $C \rightarrow D$ 外界对气体做的功

【答案】D

【详解】A. 根据 $p-V$ 图像可知，从 $A \rightarrow B$ 气体体积增大，外界对气体做负功，而该过程为绝热过程，根据热力学第一定律可知，气体内能减少，温度降低，则有

$$T_A > T_B$$

B. 气体从 $B \rightarrow C$ 为等温变化, 则有

$$T_B = T_C$$

故 B 错误;

C. 根据 $p-V$ 图像与横轴围成的面积表示功的大小, 可知整个循环过程, 外界对气体做正功, 而气体的内能不变, 根据热力学第一定律可知, 整个循环过程, 气体向外界放热, 则整个循环过程中系统吸收的热量小于放出的热量, 故 C 错误;

D. 由于 $D \rightarrow A$ 和 $B \rightarrow C$ 为等温变化, 设

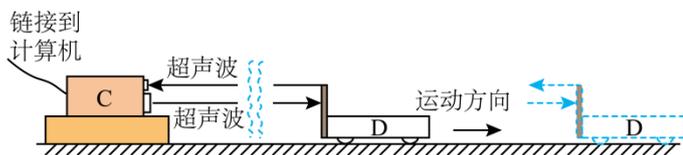
$$T_D = T_A = T_1, \quad T_B = T_C = T_2$$

由于 $A \rightarrow B$ 和 $C \rightarrow D$ 两个过程是绝热过程; $A \rightarrow B$ 过程气体对外做功, 气体温度由 T_1 减小到 T_2 , 由热力学第一定律可知, 减少的内能等于 $A \rightarrow B$ 过程气体对外做的功; $C \rightarrow D$ 过程外界对气体做功, 气体温度由 T_2 增加到 T_1 , 由热力学第一定律可知, 增加的内能等于 $C \rightarrow D$ 过程外界对气体做功, 则 $A \rightarrow B$ 气体对外界做的功等于 $C \rightarrow D$ 外界对气体做的功, 故 D 正确。

故选 D。

9. 实验室用位移传感器测速度, 如图所示。不动的小盒 C 在 Δt 时间内向被测物体 D 发出两束超声波脉冲, 被 D 反射后又被 C 接收, 两次发射与接收超声波脉冲的时间差为 t_1 、 t_2 , 空气中的声速为 v 。则物体 D 的速度为

()



- A. $\frac{v(t_2 - t_1)}{2\Delta t + t_2 - t_1}$ B. $\frac{2v(t_2 - t_1)}{\Delta t + t_2 - t_1}$ C. $\frac{v \cdot \Delta t}{2(t_2 - t_1)}$ D. $\frac{2v \cdot \Delta t}{t_2 - t_1}$

【答案】A

【详解】第一次超声波发射后走过 x_1 的距离后反射回来, 有

$$x_1 = \frac{vt_1}{2}$$

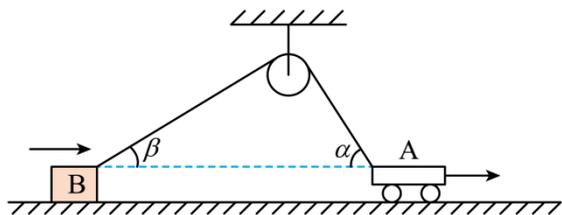
第二次超声波发射后走过 x_2 的距离后反射回来, 有

$$x_2 = \frac{vt_2}{2}$$

所以物体 D 的速度为

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t} = \frac{\frac{vt_2}{2} - \frac{vt_1}{2}}{\Delta t + \frac{t_2}{2} - \frac{t_1}{2}} = \frac{v(t_2 - t_1)}{2\Delta t + t_2 - t_1} \text{ 故选 A。}$$

10. 如图所示，水平面上汽车 A，通过定滑轮用绳子拉同一水平面的物体 B，汽车 A 的带动下使物体 B 以速度 v 向右匀速运动，物体 B 与地面的动摩擦因数为 0.75，图示位置时，两绳子与水平面的夹角分别为 $\beta = 30^\circ$ 、 $\alpha = 60^\circ$ 则 ()



- A. 当 β 由 30° 增大到 45° 过程中，A 的平均速度小于 v
- B. 当 β 由 45° 增大到 60° 过程中，A 的平均速度大于 v
- C. 当 β 由 30° 增大到 45° 过程中，绳中拉力先减小后增大
- D. 当 β 由 45° 增大到 60° 过程中，绳中拉力先减小后增大

【答案】C

【详解】A. 设滑轮顶端到汽车 A、B 的高度为 h ，汽车 B 的位移为

$$x_1 = \frac{h}{\tan 30^\circ} - \frac{h}{\tan 45^\circ} = \sqrt{3}h - h \approx 0.73h$$

绳长为

$$L = \frac{h}{\sin 30^\circ} + \frac{h}{\sin 60^\circ} = 2h + \frac{2\sqrt{3}}{3}h$$

汽车 A 的位移为

$$x_2 = \sqrt{\left(L - \frac{h}{\sin 45^\circ}\right)^2 - h^2} - \frac{h}{\tan 60^\circ} \approx 0.84h > x_1$$

汽车 A、B 运动时间相同，汽车 A 的位移大，故 A 的平均速度大于 v ，故 A 错误；

B. A、B 两物体沿绳方向的速度为

$$v_{\text{绳A}} = v_A \cos \alpha$$

$$v_{\text{绳B}} = v_B \cos \beta$$

A、B 两物体沿绳方向的速度相等，有

$$v_A \cos \alpha = v_B \cos \beta$$

可得

$$v_A = \frac{v_B \cos \beta}{\cos \alpha}$$

当 β 由 45° 增大到 60° 过程中，有

$$\beta > \alpha$$

故

$$v_A < v_B = v$$

当 β 由 30° 增大到 45° 过程中，A 的瞬时速度都小于 B，故 A 的平均速度小于 v ，故 B 错误；

CD. 物体 B 以速度 v 向右匀速运动，根据平衡条件与

$$F_T \cos \beta = \mu(mg - F_T \sin \beta)$$

可得

$$F_T = \frac{\mu mg}{\cos \beta + \mu \sin \beta} = \frac{3mg}{5 \sin(\beta + 53^\circ)}$$

当

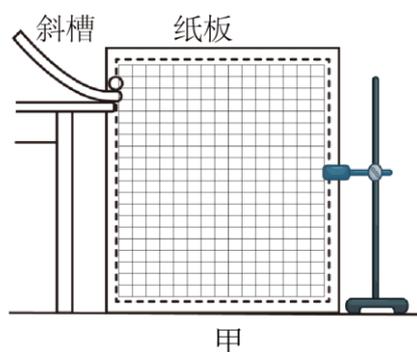
$$\beta = 37^\circ$$

时，绳中拉力最小，根据数学关系可知当 β 由 30° 增大到 45° 过程中，绳中拉力先减小后增大，当 β 由 45° 增大到 60° 过程中，绳中拉力一直增大，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

二、非选择题：共 5 题，共 60 分。其中第 12 题~第 15 题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后答案的不能得分；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

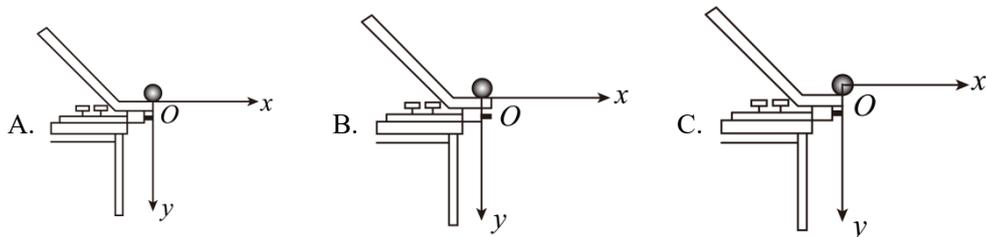
11. 利用如图甲所示的实验装置来探究平抛运动的特点。（取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ）



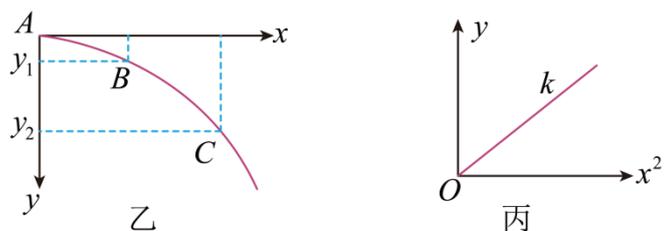
(1) 以下是实验过程中的一些做法，其中合理的有_____

- A. 安装斜槽轨道，使其末端保持水平
- B. 每次小球释放的初始位置可以任意选择
- C. 每次小球应从同一高度由静止释放
- D. 为描出小球的运动轨迹，描绘的点可以用折线连接

(2) 该实验中，在取下白纸前，应确定坐标轴原点 O ，并建立直角坐标系，下列关于图像坐标原点和坐标系的选择正确的是_____

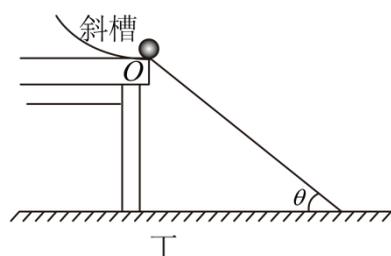


(3) 如图乙是根据实验画出的平抛小球的运动轨迹，在轨迹上取三个水平距离相等的点 A 、 B 和 C ，两点间的水平间距均为 $\Delta x = 20.0\text{cm}$ 。以 A 点为坐标系的原点，水平方向为 x 轴，竖直方向为 y 轴，测得 B 、 C 两点竖直坐标 $y_1 = 15.0\text{cm}$ ， $y_2 = 40.0\text{cm}$ ，则小球平抛的起点 O 的坐标为_____



(4) 以平抛起点 O 为坐标原点，在轨迹上取一些点，测量它们的水平坐标 x 和竖直坐标 y ，作出如图丙所示的 $y-x^2$ 图像，图像的斜率为 k ，则平抛小球的初速度为_____

(5) 如图丁所示，在斜槽的末端放置一倾斜的长板，某小组测得小球在 O 处的水平速度 v_0 及 O 至落点的水平射程 x ，记录的数据如下表，则斜面的倾角 θ 为_____



| | | | | |
|-------------|------|-----|-----|-----|
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| v_0 (m/s) | 0.5 | 1 | 2 | 3 |
| x (m) | 0.05 | 0.2 | 0.8 | 1.8 |

【答案】 ①. AC##CA ②. C ③. $(-20\text{cm}, -5\text{cm})$ ④. $\sqrt{\frac{g}{2k}}$ ⑤. 45°

【详解】 (1) [1]A. 安装斜槽轨道，使其末端保持水平，这样才能保证小球做平抛运动，选项 A 正确；
 B. 为了保证小球到达底端时速度相同，则每次必须要使小球从同一高度由静止释放，选项 B 错误，C 正确；
 D. 为描出小球的运动轨迹，描绘的点必须用平滑曲线连接，选项 D 错误。
 故选 AC。

(2) [2] 建立坐标系时， y 轴应该由铅垂线的方向决定；坐标原点应该是小球球心的投影点，故选 C。

(3) [3]因三点的水平距离相等, 可知时间间隔相等; 平抛运动在竖直方向的位移之比应该是 1:3:5, 因为 $y_{BC} : y_{ab} = 3:5$ 可知抛出点的纵坐标为 $y=-5\text{cm}$, 横坐标为 $x=-20\text{cm}$, 即小球平抛的起点 O 的坐标为 $(-20\text{cm}, -5\text{cm})$

(4) [4]根据

$$x = v_0 t$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

可得

$$y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$$

由题意可知

$$k = \frac{g}{2v_0^2}$$

解得

$$v_0 = \sqrt{\frac{g}{2k}}$$

(5) [5]由平抛运动的规律可知

$$\tan \theta = \frac{\frac{1}{2} g t^2}{v_0 t}$$

$$x = v_0 t$$

解得

$$x = \frac{2v_0^2 \tan \theta}{g}$$

由表中数据可知

$$v_0^2 = 5x$$

可得

$$\frac{2 \tan \theta}{g} = \frac{1}{5}$$

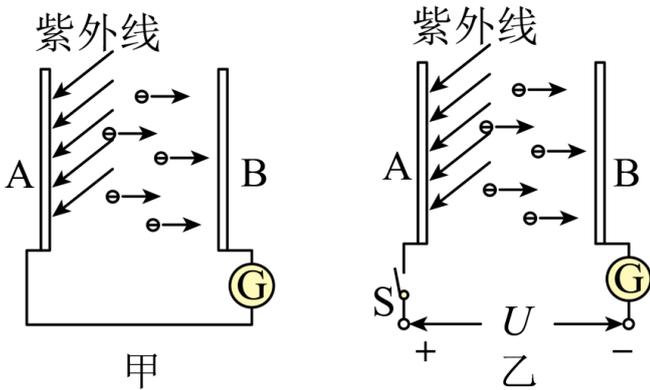
即

$$\theta = 45^\circ$$

12. 真空中一对平行金属板 **A** 和 **B** 正对放置, 紫外线持续照射 **A** 板, 有光电子从 **A** 板逸出, 电子的电量为 e , 质量为 m , 普朗克常量为 h .

(1) 在 A、B 板间接一灵敏电流计 (如图甲), 电流计示数为 I , 求每秒钟到达 B 板的电子数 N ;

(2) 在 A、B 板间接如图电压 U (如图乙) 时灵敏电流计示数为零, 求光电子离开 A 板时, 光电子的物质波波长的最小值 λ .



【答案】 (1) $N = \frac{I}{e}$; (2) $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$

【详解】 (1) 设每秒钟到达 B 板的电子个数为 N , 电荷量为

$$Q = Ne$$

根据电流的定义式得

$$I = \frac{Q}{t}$$

其中 $t=1s$, 可得

$$N = \frac{I}{e}$$

(2) 以具有最大动能的电子为研究对象, 当其速度减小到 0 时, 电子恰好运动到接近 B 板, 设其最大动能为 E_{km} ; 根据动能定理得

$$-eU = 0 - E_{km}$$

光电子的物质波波长为

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

其中

$$p^2 = 2mE_{km}$$

联立解得

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$$

13. 设想从地球赤道平面内架设一垂直于地面延伸到太空的电梯, 电梯的箱体可以将人从地面运送到地球同步轨道的空间站。已知地球表面两极处的重力加速度为 g , 地球自转周期为 T , 地球半径为 R , 万有引力常量为 G 。求

(1) 同步轨道空间站距地面的高度 h ;

(2) 太空电梯的箱体停在距地面 R 高处时, 箱体对质量为 m 的乘客的作用力 F 。

【答案】(1) $\sqrt[3]{\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}} - R$; (2) $\frac{mgT^2 - 32\pi^2mR}{4T^2}$, 方向为背离地心

【详解】(1) 由万有引力提供向心力

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m(R+h) \frac{4\pi^2}{T^2}$$

在地球表面两极处有

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg$$

联立可得, 同步轨道空间站距地面的高度为

$$h = \sqrt[3]{\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}} - R$$

(2) 太空电梯的箱体停在距地面 R 高处时, 乘客受到的万有引力为

$$F_{\text{万}} = \frac{GMm}{4R^2} = \frac{mg}{4}$$

太空电梯的箱体停在距地面 R 高处时, 乘客所需要的向心力为

$$F_{\text{n}} = m \cdot 2R \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{8\pi^2mR}{T^2}$$

所以, 箱体对质量为 m 的乘客的作用力为

$$F = F_{\text{万}} - F_{\text{n}} = \frac{mg}{4} - \frac{8\pi^2mR}{T^2} = \frac{mgT^2 - 32\pi^2mR}{4T^2}$$

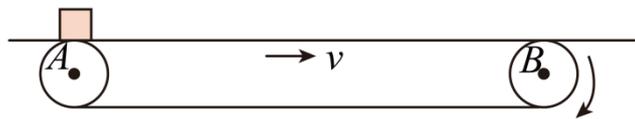
方向为背离地心。

14. 如图所示, 一物流传送装置, 电机带动水平传送带顺时针转动的最大速度 $v_0 = 6\text{m/s}$, 货物从 A 点静止放上传送带。货物与传送带之间的动摩擦因数为 $\mu = 0.1$, 传送带 AB 的长度 $L = 14\text{m}$, 重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。

(1) 若传送带以 v_0 匀速转动, 求货物由 A 运动到 B 的时间 t ;

(2) 若货物刚放上 A 点时, 传送带从 v_0 开始以 $a_0 = 2\text{m/s}^2$ 的加速度做匀减速运动直至静止, 求货物静止时离 A 的距离 d ;

(3) 若货物刚放上 A 点时, 传送带从静止开始做 $a_0 = 2\text{m/s}^2$ 的匀加速运动, 速度达到 v_0 后立即做 $a_0 = 2\text{m/s}^2$ 的匀减速运动直至静止, 求货物运动到传送带 B 点时的速度 v_B 。



【答案】(1) $2\sqrt{7}\text{s}$; (2) 4m ; (3) 2m/s

【详解】(1) 若传送带以 v_0 匀速转动, 货物刚放上传送带时的加速度大小为

$$a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 1\text{m/s}^2$$

设货物到达 B 点时, 仍未与传送带共速, 则有

$$2aL = v^2 - 0$$

解得货物到达 B 点时的速度为

$$v = 2\sqrt{7}\text{m/s} < v_0 = 6\text{m/s}$$

假设成立, 则货物由 A 运动到 B 的时间为

$$t = \frac{v}{a} = 2\sqrt{7}\text{s}$$

(2) 若货物刚放上 A 点时, 传送带从 v_0 开始以 $a_0 = 2\text{m/s}^2$ 的加速度做匀减速运动, 设经过 t_1 时间, 货物与传送带共速, 则有

$$v_{\text{共}} = v_0 - a_0 t_1 = at_1$$

又

$$a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 1\text{m/s}^2$$

解得

$$t_1 = 2\text{s}, v_{\text{共}} = 2\text{m/s}$$

此过程货物通过的位移为

$$x_1 = \frac{v_{\text{共}}}{2} t_1 = 2\text{m}$$

货物与传送带共速后, 由于

$$a = \mu g = 1\text{m/s}^2 < a_0 = 2\text{m/s}^2$$

可知货物接着以 $a = 1\text{m/s}^2$ 做匀减速到停下, 则有

$$x_2 = \frac{v_{\text{共}}^2}{2a} = 2\text{m}$$

则货物静止时离 A 的距离为

$$d = x_1 + x_2 = 4\text{m}$$

(3) 若货物刚放上 A 点时, 传送带从静止开始做 $a_0 = 2\text{m/s}^2$ 的匀加速运动, 速度达到 v_0 后立即做 $a_0 = 2\text{m/s}^2$ 的匀减速运动直至静止, 传送带速度达到 v_0 时所用时间为

$$t'_1 = \frac{v_0}{a_0} = 3\text{s}$$

此时货物的速度为

$$v_1 = at'_1 = 3\text{m/s}$$

货物通过的位移为

$$x'_1 = \frac{v_1}{2} t'_1 = 4.5\text{m}$$

接着传送带开始做减速运动，物块继续做加速运动，设经过 t'_2 时间，货物与传送带共速，则有

$$v'_{\text{共}} = v_0 - a_0 t'_2 = v_1 + at'_2$$

解得

$$t'_2 = 1\text{s}, v'_{\text{共}} = 4\text{m/s}$$

此过程货物通过的位移为

$$x'_2 = \frac{v_1 + v'_{\text{共}}}{2} t'_2 = 3.5\text{m}$$

之后由于

$$a = \mu g = 1\text{m/s}^2 < a_0 = 2\text{m/s}^2$$

可知货物接着以 $a = 1\text{m/s}^2$ 做匀减速到 B 点，根据运动学公式可得

$$-2ax'_3 = v_B^2 - v'^2_{\text{共}}$$

又

$$x'_3 = L - x'_1 - x'_2 = 14\text{m} - 4.5\text{m} - 3.5\text{m} = 6\text{m}$$

联立解得货物运动到传送带 B 点时的速度为

$$v_B = 2\text{m/s}$$

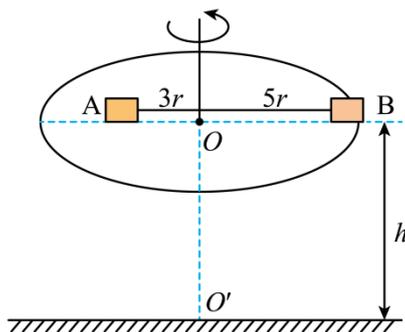
15. 如图，半径为 $5r$ 的水平圆形转盘可绕竖直轴转动，圆盘上放有质量均为 m 的小物体 A、B。A、B 到转盘中心 O 的距离分别为 $3r$ 、 $5r$ ，A、B 间用一轻质细线相连，圆盘静止时，细线刚好伸直无拉力。已知 A 与圆盘间的动摩擦因数为 μ ，B 与圆盘间的动摩擦因数为 2μ 。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g ，A、B 均可视为质点，现让圆盘从静止开始逐渐缓慢加速：

(1) 求细线上开始产生拉力时，圆盘角速度 ω_1 ；

(2) 圆盘角速度 $\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ 时，求 A 与水平圆盘之间的摩擦力大小 f ；

(3) 圆盘角速度 $\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ 时，剪断绳子，同时让转盘立即停止转动，若圆盘距离水平地面高为 $h = \frac{2r}{\mu}$ ，求

A、B 落地时两者间的距离 d 。



【答案】(1) $\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{3r}}$ ；(2) $f = 0$ ；(3) $d = 8\sqrt{5}r$

【详解】(1) 当 A 刚要产生滑动时，则

$$m\omega_{A1}^2 \cdot 3r = \mu mg$$

解得

$$\omega_{A1} = \sqrt{\frac{\mu g}{3r}}$$

同理，当 B 刚要产生滑动时，则

$$m\omega_{B1}^2 \cdot 5r = 2\mu mg$$

解得

$$\omega_{B1} = \sqrt{\frac{2\mu g}{5r}} > \omega_{A1}$$

由于 A、B 角速度相等，故求细线上开始产生拉力时，圆盘角速度为

$$\omega_1 = \omega_{A1} = \sqrt{\frac{\mu g}{3r}}$$

(2) 圆盘角速度 $\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ 时，A 所需的向心力为

$$F_{A2} = m\omega_2^2 \cdot 3r = 3\mu mg > \mu mg$$

B 所需的向心力为

$$F_{B2} = m\omega_2^2 \cdot 5r = 5\mu mg > 2\mu mg$$

由于 B 所需向心力更大，因此 B 受到的摩擦力方向沿 B 指向圆心，故绳子的拉力为

$$T = F_{B2} - f_{mB} = 5\mu mg - 2\mu mg = 3\mu mg$$

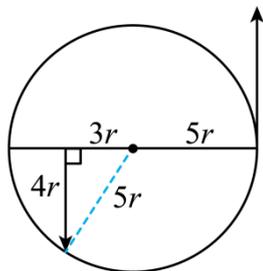
对 A

$$T = 3\mu mg = F_{A2}$$

故 A 与水平圆盘之间的摩擦力大小

$$f = 0$$

(3) 剪断绳子，同时让转盘立即停止转动，B 沿转盘边缘飞出，A 在盘上减速运动到盘边缘后飞出，如下图



根据平抛运动规律可得 A、B 下落的时间都为

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{4r}{\mu g}}$$

对 B，飞出时的速度为

$$v_B = \omega_2 \cdot 5r = 5\sqrt{\mu gr}$$

故 B 沿速度方向运动的水平距离为

$$x_B = v_B t = 10r$$

转盘停止时 A 的速度为

$$v_{A1} = \omega_2 \cdot 3r = 3\sqrt{\mu gr}$$

根据几何知识可得转盘停止后 A 在转盘上匀减速运动的距离为

$$l = \sqrt{(5r)^2 - (3r)^2} = 4r$$

A 做匀减速运动的加速度大小为

$$a_A = \mu g$$

设 A 飞出时的速度为 v_{A2} ，则

$$v_{A2}^2 - v_{A1}^2 = -2a_A l$$

解得

$$v_{A2} = \sqrt{\mu gr}$$

故 A 沿速度方向运动的水平距离为

$$x_A = v_{A2} t = 2r$$

故 A 落地点距转盘停止时 A 所在位置的水平距离为

$$\dot{x}_A = l + x_A = 6r$$

以飞出方向为纵轴，垂直速度方向过圆心为横轴，转盘圆心在地面投影点为原点在地面建立坐标系，可得 B 落地点的坐标为 $(5r, 10r)$ ，A 落地点的坐标为 $(-3r, -6r)$ ，根据数学知识可得求 A、B 落地时两者间的距离为

$$d = \sqrt{[5r - (-3r)]^2 + [10r - (-6r)]^2} = 8\sqrt{5}r$$