



2023 北京理工大附中高一 3 月月考

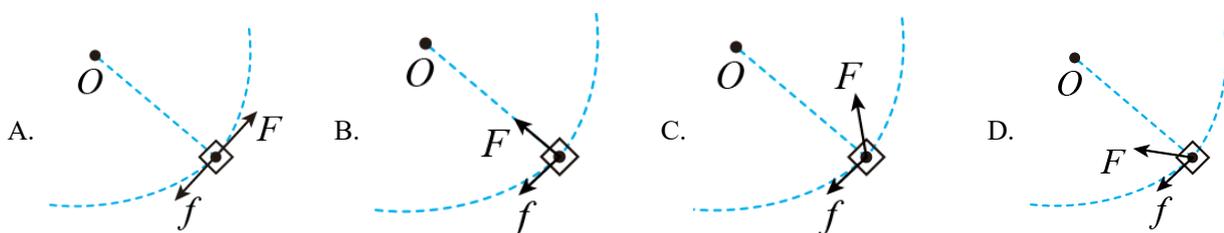
物 理

一、单项选择题（共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分，每小题的四个选项中，只有一个选项是正确的）

1. 下列说法正确的是（ ）

- A. 曲线运动一定是变速运动
- B. 物体只有受到一个方向不断改变的力，才可能做曲线运动
- C. 物体受到恒定的合外力，一定做直线运动
- D. 两个直线运动的合运动一定是直线运动

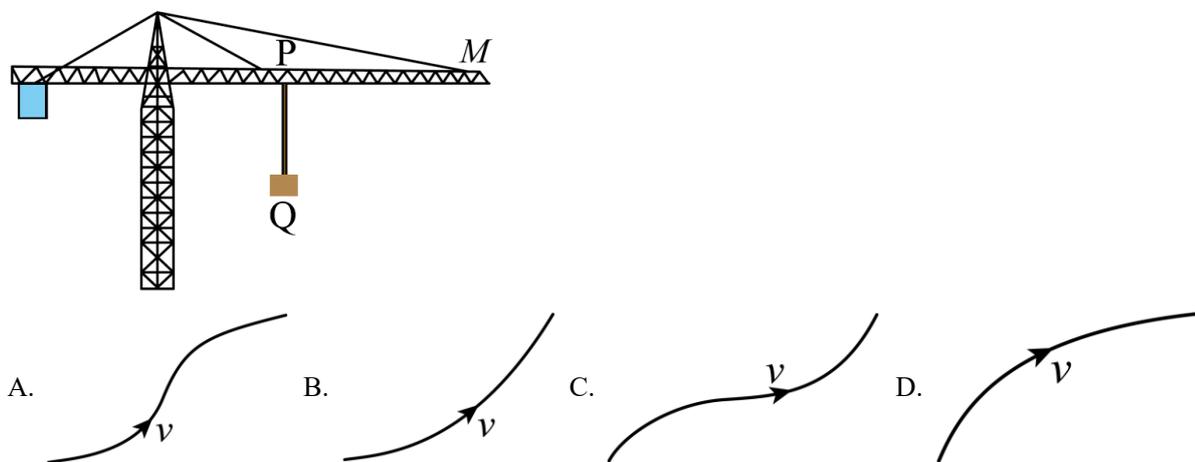
2. 用一个水平拉力 F 拉着一物体在水平面上绕着 O 点做匀速圆周运动。关于物体受到的拉力 F 和摩擦力 f 的受力示意图，下列四个图中可能正确的是（ ）



3. 投放救援物资的飞机在空中水平方向匀速直线飞行，先后投放多个救援物资，投放每个救援物资的时间间隔相同，且飞机投放救援物资后速度不变（救援物资离开飞机后，空气阻力忽略不计），则（ ）

- A. 空中飞行的救援物资在相等时间内速度变化都相同
- B. 飞机上的飞行员看到投放在空中的救援物资位于一条抛物线上
- C. 飞机的速度越大，救援物资在空中飞行时间越短
- D. 救援物资落地后，每两个之间的间隔是不等间距的

4. 如图所示，一塔式起重机正在工作，在某段时间内，吊车 P 沿吊臂向末端 M 水平匀速移动，同时吊车正下方的重物 Q 先匀加速竖直上升，后匀减速竖直上升。该段时间内，重物 Q 的运动轨迹可能是（ ）



5. 如图所示为马戏团中上演的飞车节目，在竖直平面内有半径为 R 的圆轨道，表演者骑摩托车在圆轨道内做圆周运动。已知人和摩托车的总质量为 m ，以 $v = \sqrt{2gR}$ 的速度通过轨道最高点，则此时轨道对车的作



用力 F 为 ()

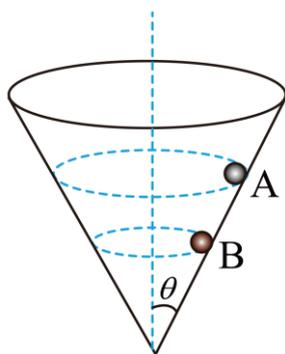


- A. mg 、方向竖直向下
- B. mg 、方向竖直向上
- C. $3mg$ 、方向竖直向下
- D. $3mg$ 、方向竖直向上

6. 2017年6月15日上午,我国在酒泉卫星发射中心成功发射首颗X射线调制望远镜卫星“慧眼”。它的总质量约2.5吨,在距离地面550公里的轨道上运行,其运动轨道可近似看成圆轨道。已知地球半径约为6400公里,根据上述信息可知该卫星()

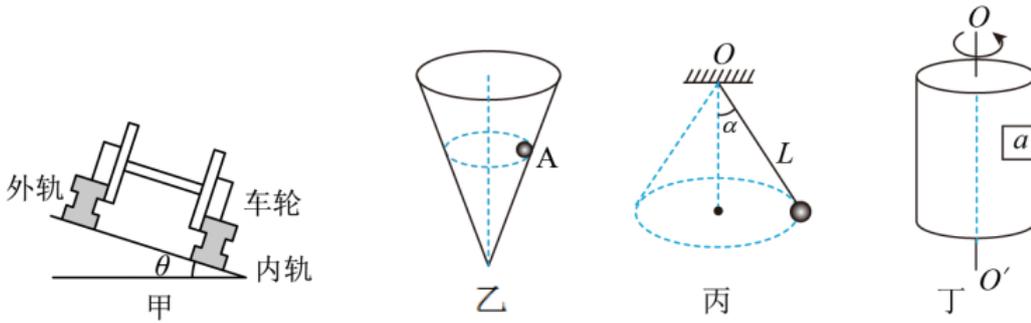
- A. 运行速度大于7.9km/s
- B. 轨道平面可能不通过地心
- C. 周期小于更低轨道近地卫星的周期
- D. 向心加速度小于地球表面重力加速度值

7. 一个内壁光滑的圆锥筒的轴线是竖直的,圆锥固定,有质量相同的两个小球A和B贴着筒的内壁在水平面内做匀速圆周运动,如图所示,A的运动半径较大,则下列说法正确的是()



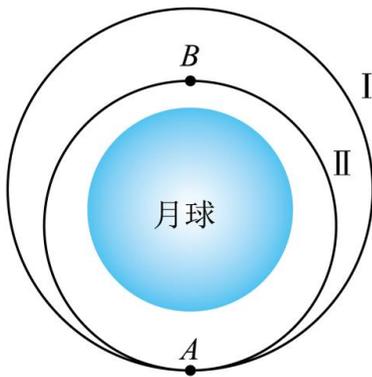
- A. A球的角速度大于B球的角速度
- B. A球对筒壁的压力大于B球对筒壁的压力
- C. A球运动的周期小于B球运动的周期
- D. A球的线速度大于B球的线速度

8. 在2022年的南开中学校运动会铅球投掷比赛中,小雨同学对铅球离手后的运动进行了研究。假设铅球离手时的初速度为 v_0 ,落地时的速度为 v ,空气阻力可忽略不计。下列图中能正确表示铅球速度变化规律的是()



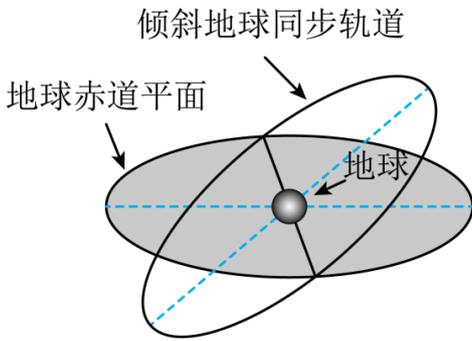
- A. 如图甲，火车转弯小于规定速度行驶时，外轨对轮缘会有挤压作用
- B. 如图乙，小球在光滑而固定的竖直圆锥筒内做匀速圆周运动，合力指向运动轨迹的圆心
- C. 如图丙，小球在细绳作用下做匀速圆周运动，重力与拉力的合力必指向圆心（不计阻力）
- D. 如图丁，物体 M 紧贴圆筒壁随圆筒一起做圆周运动，摩擦力提供向心力

13. 与嫦娥 1 号、2 号月球探测器不同，嫦娥 3 号是一次性进入距月球表面 100km 高的圆轨道 I（不计地球对探测器的影响），运行一段时间后再次变轨，从 100km 的环月圆轨道 I，降低到距月球 15km 的近月点 B、距月球 100km 的远月点 A 的椭圆轨道 II，如图所示，为下一步月面软着陆做准备。关于嫦娥 3 号探测器下列说法正确的是（ ）



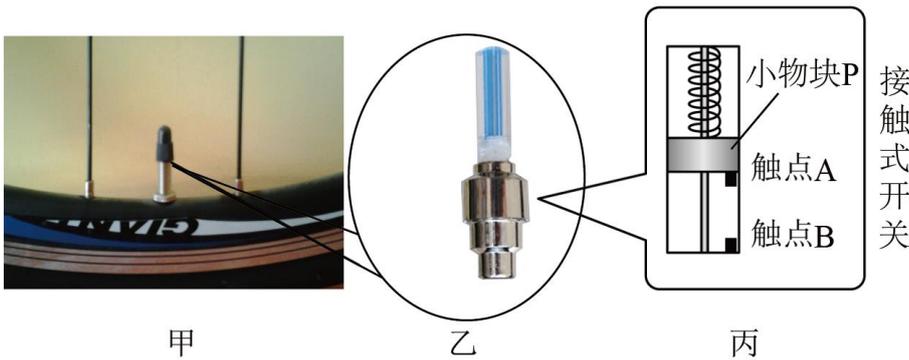
- A. 探测器在轨道 II 经过 A 点的速度小于经过 B 点的速度
- B. 探测器沿轨道 I 运动过程中，探测器中的科考仪器对其支持面没有压力
- C. 探测器从轨道 I 变轨到轨道 II，在 A 点应加速
- D. 探测器在轨道 II 经过 A 点时的加速度小于在轨道 I 经过 A 点时的加速度

14. 2020 年 6 月 23 日，我国在西昌卫星发射中心成功发射北斗系统第 55 颗导航卫星，至此北斗全球卫星导航系统星座部署全面完成。北斗卫星导航系统由不同轨道的卫星构成，其中北斗导航系统第 41 颗卫星为地球同步轨道卫星，它的轨道半径约为 $4.2 \times 10^7 \text{m}$ 。第 44 颗卫星为倾斜地球同步轨道卫星，运行周期等于地球的自转周期 24h。两种同步卫星的绕行轨道都为圆轨道。倾斜地球同步轨道平面与地球赤道平面成一定夹角，如图所示。已知引力常量 $G=6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ 。下列说法中不正确的是（ ）



- A. 两种同步卫星的轨道半径大小相等
- B. 两种同步卫星的运行速度都小于第一宇宙速度
- C. 根据题目数据可估算出地球的平均密度
- D. 地球同步轨道卫星的向心加速度大小大于赤道上随地球一起自转的物体的向心加速度大小

15. 如图甲、乙所示为自行车气嘴灯，气嘴灯由接触式开关控制，其结构如图丙所示，弹簧一端固定在顶部，另一端与小物块P连接，当车轮转动的角速度达到一定值时，P拉伸弹簧后使触点A、B接触，从而接通电路使气嘴灯发光。触点B与车轮圆心距离为R，车轮静止且气嘴灯在最低点时触点A、B距离为d，已知P与触点A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，小物块P和触点A、B均视为质点，则（ ）



- A. 要使气嘴灯能发光，车轮匀速转动的最小角速度为 $\sqrt{\frac{kd}{mR}}$
- B. 要使气嘴灯能发光，车轮匀速转动的最小角速度为 $\sqrt{\frac{kd - mg}{mR}}$
- C. 要使气嘴灯一直发光，车轮匀速转动的最小角速度为 $\sqrt{\frac{kd + 2mg}{mR}}$
- D. 要使气嘴灯一直发光，车轮匀速转动的最小角速度为 $\sqrt{\frac{kd + mg}{mR}}$

三、实验填空题（共2小题，共15分）

16. 在探究小球做圆周运动所需向心力的大小 F_n 与质量 m 、角速度 ω 和半径 r 之间的关系的实验中。

(1) 在探究向心力的大小 F_n 与角速度 ω 的关系时，要保持_____相同。

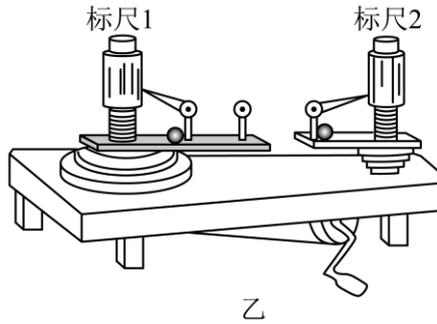
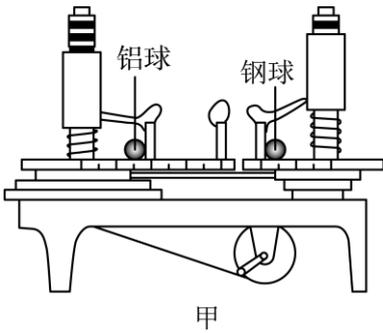
- A. ω 和 r B. ω 和 m C. m 和 r D. m 和 F_n



(2) 本实验采用的实验方法是_____。

- A. 累积法 B. 控制变量法 C. 微元法 D. 放大法

(3) 甲同学在进行如图甲所示的实验，他是在研究向心力的大小 F_n 与_____的关系。



(4) 乙同学用如图乙所示装置做该实验，他测得铝球与钢球质量之比为 1:2，两球运动半径相等，观察到标尺上红白相间的等分格显示出铝球与钢球所受向心力的比值为 2:1，则他实验中与皮带相连接的变速塔轮对应的半径之比为_____。

17. 某物理小组用如下左图所示的装置做“探究平抛运动的特点”的实验：

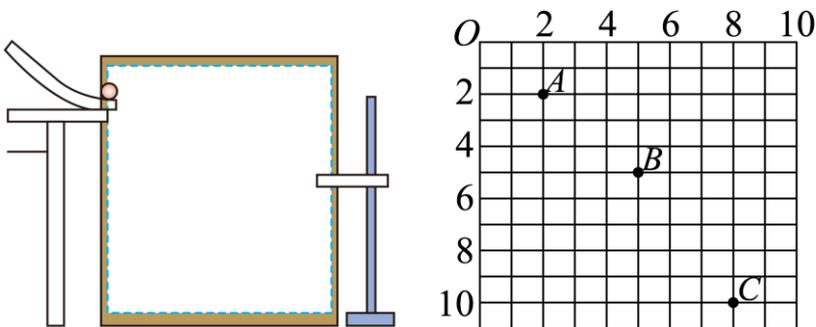
(1) 在“探究平抛运”的实验中，为了求平抛物体的初速度，需直接测的数据有（ ）

- A. 小球开始滚下的高度 B. 小球在空中飞行的时间
C. 运动轨迹上某点 P 的水平坐标 D. 运动轨迹上某点 P 的竖直坐标

(2) 下列哪些因素会使“研究平抛运动”实验的误差增大（ ）

- A. 小球与斜槽之间有摩擦
B. 安装斜槽时其末端未水平
C. 建立坐标系时，以斜槽末端端口位置为坐标原点
D. 根据曲线计算平抛运动的初速度时，在曲线上取作计算的点离原点 O 较远

(3) 在另一次实验中将白纸换成方格纸，每个格的边长 $L = 5\text{cm}$ ，通过频闪照相机，记录了小球在运动途中的三个位置，如下右图所示，则与照相机的闪光频率对应的周期为_____s，该小球做平抛运动的初速度为_____m/s，抛出点距 A 点的竖直距离为_____cm ($g = 10\text{m/s}^2$)。

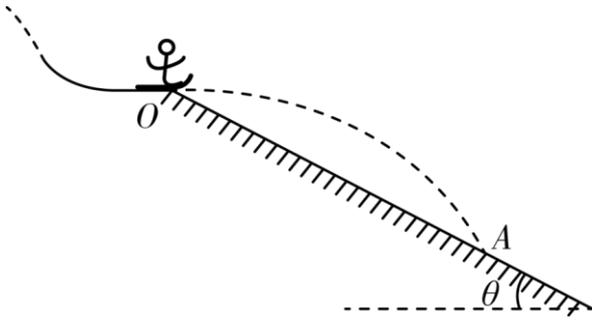


四、论述计算题（共 3 小题，共 40 分。解答各小题时，应写出必要的文字说明、表达式和重要步骤，只写出最后答案不得分，有数值计算的题，答案中必须明确数值和单位。）

18. 如图所示，一名跳台滑雪运动员经过一段时间的加速滑行后从 O 点水平飞出，经过 3 s 落到斜坡上的 A 点。已知 O 点是斜坡的起点，斜坡与水平面的夹角 $\theta = 37^\circ$ ，运动员的质量 $m = 50\text{ kg}$ ，不计空气阻力， $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ； g 取 10 m/s^2 。求：

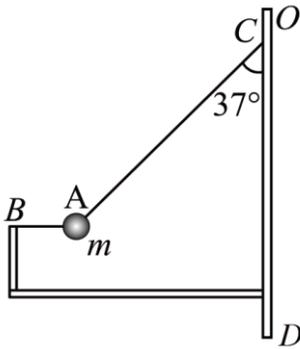


- (1) A 点与 O 点的距离 L ;
- (2) 运动员离开 O 点时的速度大小;
- (3) 运动员从 O 点飞出开始到离斜坡距离最远所用的时间。



19. 如图所示, 装置 BDO 可绕竖直轴转动, 可视为质点的小球 A 与两轻细线连接后分别系于 B 、 C 两点, 装置静止时细线 AB 水平, 细线 AC 与竖直方向的夹角为 37° , 已知小球质量 $m=1\text{kg}$, 细线 AC 长 $L=1\text{m}$, B 点距 C 点的水平和竖直距离相等, g 取 10m/s^2 , $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$. 求:

- (1) 若装置以一定的角速度匀速转动, 线 AB 水平且张力恰为 0 , 求线 AC 拉力大小;
- (2) 若装置匀速转动的角速度 $\omega_1 = \sqrt{10}\text{rad/s}$, 求细线 AC 与 AB 的拉力大小;
- (3) 若装置匀速转动的角速度 $\omega_2 = \sqrt{20}\text{rad/s}$, 求细线 AC 与 AB 的拉力大小.



20. 万有引力定律揭示了天体运行规律与地上物体运动规律具有内在的一致性.

(1) 用弹簧秤称量一个相对于地球静止的小物体的重量, 随称量位置的变化可能会有不同的结果. 已知地球质量为 M , 自转周期为 T , 万有引力常量为 G . 将地球视为半径为 R 、质量均匀分布的球体, 不考虑空气的影响. 设在地球北极地面称量时, 弹簧秤的读数是 F_0 .

a. 若在北极上空高出地面 h 处称量, 弹簧秤读数为 F_1 , 求比值 $\frac{F_1}{F_0}$ 的表达式;

b. 若在赤道地面称量, 弹簧秤读数为 F_2 , 求比值 $\frac{F_2}{F_0}$ 的表达式.

(2) 天文观测发现, 在银河系中, 由两颗相距较近、仅在彼此间引力作用下运行的恒星组成的双星系统很普遍. 已知某双星系统中两颗恒星围绕它们连线上的某一点做匀速圆周运动, 周期为 T , 两颗恒星之间的距离为 d , 引力常量为 G . 求此双星系统的总质量.

(3) 北京时间 2019 年 4 月 10 日 21 时, 由全球 200 多位科学家合作得到的人类首张黑洞照片面世, 引起



众多天文爱好者的兴趣。同学们在查阅相关资料后知道：①黑洞具有非常强的引力，即使以 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 的速度传播的光也不能从它的表面逃逸出去。②地球的逃逸速度是第一宇宙速度的 $\sqrt{2}$ 倍，这个关系对于其他天体也是正确的。③地球的质量 $m_e = 6.0 \times 10^{24} \text{ kg}$ ，引力常量 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ 。

请你根据以上信息，利用高中学过的知识，通过计算求出：假如地球变为黑洞，在质量不变的情况下，地球半径的最大值（结果保留一位有效数字）。（注意：解题过程中需要用到、但题目没有给出的物理量，要在解题时做必要的说明）



参考答案

一、单项选择题（共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分，每小题的四个选项中，只有一个选项是正确的）

1. 【答案】A

【详解】A. 曲线运动物体的速度方向与该点曲线的切线方向相同，所以曲线运动的速度的方向是时刻变化的，所以曲线运动一定是变速运动，故 A 正确；

B. 物体做曲线运动的条件是合力与速度不在同一条直线上，合外力大小和方向不一定变化，比如平抛运动，受到的就是恒力重力的作用，故 B 错误；

C. 物体受到恒定合外力作用时，不一定做直线运动，比如平抛运动，故 C 错误；

D. 水平方向做匀速直线运动，竖直方向做自由落体运动，合成起来做平抛运动，是曲线运动，故 D 错误。

故选 A。

2. 【答案】C

【详解】试题分析：由于物体做匀速圆周运动，所以物体受到的合力方向指向圆心，合力提供的是向心力，再根据力的合成的知识可知，C 中的二个力的合力才会指向圆心，而其余的三种情况下的合力都不能指向圆心，故该题选 C。

考点：匀速圆周运动。

3. 【答案】A

【详解】A. 物资仅仅受到重力作用，物资在空中做平抛运动，根据

$$g = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

解得

$$\Delta v = g\Delta t$$

可知，空中飞行的救援物资在相等时间内速度变化都相同，故 A 正确；

B. 物资做平抛运动，水平方向上的分运动是匀速直线运动，该分运动的分速度与飞机匀速直线运动的速度相等，则飞机上的飞行员看到投放在空中的救援物资位于一条竖直线上，故 B 错误；

C. 物资做平抛运动，根据

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

解得

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

可知，物资在空中的飞行时间由高度决定，与飞机飞行速度无关，故 C 错误；

D. 根据上述，物资做平抛运动，由于平抛运动的时间相等，投放每个救援物资的时间间隔相同，水平方向上做匀速直线运动，所以落地点等间距是相等的，故 D 错误。



故选 A。

4. 【答案】 A

【详解】吊车 P 沿吊臂向末端 M 水平匀速移动，同时吊车正下方的重物 Q 先匀加速竖直上升，可知重物 Q 做匀变速曲线运动，重物 Q 的合力竖直向上；后匀减速竖直上升，可知重物 Q 继续做匀变速曲线运动，但重物 Q 的合力竖直向下；做曲线运动物体受到的合力方向在运动轨迹的凹侧，则重物 Q 的运动轨迹可能是 A。

故选 A。

5. 【答案】 A

【详解】根据

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

解得

$$F = mg$$

方向竖直向下。

故选 A。

6. 【答案】 D

【分析】

【详解】 A. 由

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

得

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

所以运行速度小于第一宇宙速度，故 A 错误；

B. 由开普勒第一定律可知，轨道平面一定通过地心，故 B 错误；

C. 由开普勒第三定律可知，周期大于更低轨道近地卫星的周期，故 C 错误；

D. 由

$$G \frac{Mm}{r^2} = ma$$

得

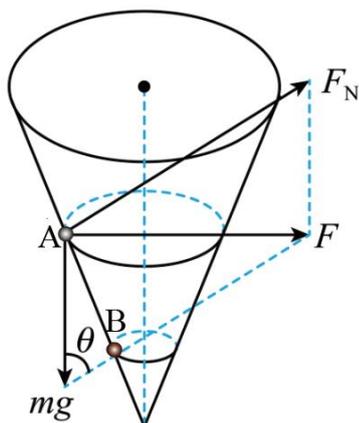
$$a = G \frac{M}{r^2}$$

所以向心加速度小于地球表面重力加速度值，故 D 正确。

故选 D。

7. 【答案】 D

【详解】 AC. 以小球为研究对象，对小球受力分析，小球受力如图所示



根据受力分析，由牛顿第二定律有

$$mg \tan \theta = mr\omega^2$$

解得

$$\omega = \sqrt{\frac{g \tan \theta}{r}}$$

因 A 的半径较大，则 A 的角速度较小，根据周期

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

可知 A 的周期较大，故 AC 错误；

B. 由受力分析图可知，球受到的支持力

$$F_N = \frac{mg}{\cos \theta}$$

由于两球的质量 m 与角度 θ 相同，可知桶壁对 AB 两球的支持力相等，由牛顿第三定律可知，两球对桶壁的压力相等，故 B 错误；

D. 根据牛顿第二定律可得

$$mg \tan \theta = m \frac{v^2}{r}$$

解得

$$v = \sqrt{gr \tan \theta}$$

因 A 的半径较大，则 A 球的线速度大于 B 球的线速度，故 D 正确。

故选 D。

8. 【答案】A

【详解】斜抛运动由于只受重力，故水平速度保持不变，而竖直分速度均匀变化，速度矢量的变化方向等于加速度的方向，故矢量的变化方向应沿竖直方向。

故选 A。

9. 【答案】C

【详解】三个小球做平抛运动，水平位移相同，由



$$x=vt$$

可得

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

竖直方向有

$$y_1 = AB = \frac{1}{2}gt_1^2$$

$$y_2 = AB+BC = \frac{1}{2}gt_2^2$$

$$y_3 = AB+BC+CD = \frac{1}{2}gt_3^2$$

解得

$$t_1 = \sqrt{\frac{2AB}{g}}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2(AB+BC)}{g}}$$

$$t_3 = \sqrt{\frac{2(AB+BC+CD)}{g}}$$

所以

$$v_1:v_2:v_3 = \frac{1}{t_1}:\frac{1}{t_2}:\frac{1}{t_3} = \frac{1}{\sqrt{AB}}:\frac{1}{\sqrt{AB+BC}}:\frac{1}{\sqrt{AB+BC+CD}} = 1:\frac{1}{2}:\frac{1}{3} = 6:3:2$$

故选 C。

10. 【答案】C

【详解】A. 由于卫星做圆周运动，万有引力提供向心力有

$$F = G\frac{Mm}{r^2}$$

则轨道半径越大的卫星所受到的向心力越小，有

$$F_2 > F_3$$

由于随地球自转的物体与同步卫星具有相同的周期及角速度，根据

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

则轨道半径越大的向心力越小，所以有

$$F_3 > F_1$$

则 A 错误；

B. 由于卫星做圆周运动，万有引力提供向心力有

$$a = G\frac{M}{r^2}$$



则轨道半径越大的卫星所受到的向心加速度越小，有

$$a_2 > a_3$$

由于随地球自转的物体与同步卫星具有相同的周期及角速度，根据

$$a = \omega^2 r$$

则轨道半径越大的向心加速度越小，所以有

$$a_3 > a_1$$

则 B 错误；

C. 由于卫星做圆周运动，万有引力提供向心力有

$$G \frac{Mm}{r^2} = m\omega^2 r$$

解得

$$\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$$

则轨道半径越大的卫星的角速度越小，有

$$\omega_2 > \omega_3$$

由于随地球自转的物体与同步卫星具有相同的周期及角速度，所以有

$$\omega_3 = \omega_1$$

则 C 正确；

D. 由于卫星做圆周运动，万有引力提供向心力有

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

解得

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

则轨道半径越大的卫星的线速度越小，有

$$v_2 > v_3$$

由于随地球自转的物体与同步卫星具有相同的周期及角速度，根据

$$v = \omega r$$

则轨道半径越大的向心力越小，所以有

$$v_3 > v_1$$

则 D 错误；

故选 C。

二、多项选择题（共 5 小题，每小题 3 分，共 15 分。每小题的四个选项中，至少有两个是正确的，全部选对得 3 分，选不全得 2 分，不选、错选不得分）

11. 【答案】AD



【详解】AB. 若小球和 O 点间用细线相连, 由于小球恰好能在竖直平面内绕固定点 O 做圆周运动, 此时小球有最小速度, 由重力提供向心力, 可知, 此时在最高点细线对小球的拉力为 0, A 正确, B 错误;
 CD. 若小球和 O 点间用轻杆相连, 由于小球恰好能在竖直平面内绕固定点 O 做圆周运动, 此时小球恰好为 0, 小球所需向心力为 0, 小球沿半径方向的合力为 0, 可知, 此时在最高点轻杆对小球的的支持力大小为 mg , C 错误, D 正确。

故选 AD。

12. 【答案】BC

【详解】A. 火车转弯时, 刚好由重力和支持力的合力提供向心力时, 有

$$mg \tan \theta = m \frac{v^2}{r}$$

解得

$$v = \sqrt{gr \tan \theta}$$

火车转弯小于规定速度行驶时, 重力和支持力的合力大于所需的向心力, 则火车做近心运动的趋势, 所以车轮内轨的轮缘对内轨有挤压, 选项 A 错误;

B. 小球在光滑而固定的竖直圆锥筒内做匀速圆周运动, 合力既向心力, 指向运动轨迹的圆心, 选项 B 正确;

C. 小球在细绳作用下做匀速圆周运动, 重力与拉力的合力必指向圆心提供向心力, 选项 C 正确;

D. 物体 M 紧贴圆筒壁随圆筒一起做圆周运动, 摩擦力平衡重力, 弹力提供向心力, 选项 D 错误。

故选 BC。

13. 【答案】AB

【详解】A. 根据开普勒第二定律, 远月点速度最小, 近月点速度最大, A 正确;

B. 探测器沿轨道 I 运动过程中, 万有引力提供向心力, 探测器中的科考仪器对其支持面没有压力, B 正确;

C. 卫星加速做离心运动, 减速做向心运动。卫星从轨道 I 变轨到轨道 II 的过程中卫星轨道必须减速, C 错误;

D. 在 A 点探测器产生的加速度都是由万有引力产生的, 因为同在 A 点万有引力大小相等, 故不管在哪个轨道上运动, 在 A 点时万有引力产生的加速度大小相等, D 错误。

故选 AB。

14. 【答案】C

【详解】A. 同步卫星绕地球做匀速圆周运动, 根据万有引力提供向心力, 有

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

解得

$$r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$



同步卫星的周期与地球自转周期相同，所以两种同步卫星的轨道半径大小相等，故 A 正确，不符合题意；
 B. 第一宇宙速度是近地卫星的环绕速度，也是最大的圆周运动的环绕速度。所以地球同步卫星运行的线速度小于第一宇宙速度，故 B 正确，不符合题意；
 C. 已知同步卫星的轨道半径与周期，由

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

可以求出地球的质量，但由于不知道地球的半径，所以不能求出地球的密度，故 C 错误，符合题意；

D. 同步卫星与赤道上的物体具有相同的周期和角速度，根据公式 $a = \omega^2 r$ 得同步卫星的向心加速度比静止在赤道上物体的向心加速度大，故 D 正确，不符合题意。

故选 C。

15. 【答案】AC

【详解】AB. 当气嘴灯运动到最低点时发光，此时车轮匀速转动的角速度最小，则有

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

得

$$\omega = \sqrt{\frac{kd}{mR}}$$

故 A 正确，B 错误；

CD. 当气嘴灯运动到最高点时能发光，则

$$kd + 2mg = m\omega'^2 R$$

得

$$\omega' = \sqrt{\frac{kd + 2mg}{mR}}$$

即要使气嘴灯一直发光，车轮匀速转动的最小角速度为 $\sqrt{\frac{kd + 2mg}{mR}}$ ，故 C 正确，D 错误。

故选 AC。

三、实验填空题（共 2 小题，共 15 分）

16. 【答案】①. C ②. B ③. m ④. 1:2

【详解】(1) [1]根据

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

可知，在探究向心力的大小 F_n 与角速度 ω 的关系时，要保持 m 和 r 相同。

故选 C。

(2) [2]实验目的是小球做圆周运动所需向心力的大小 F_n 与质量 m 、角速度 ω 和半径 r 之间的关系，在研究其中两个物理量的关系时，需要确保其它物理量不变，因此本实验采用的实验方法是控制变量法。

故选 B。



(3) [3]图甲中，小球做圆周运动的半径相同，一个是铅球，一个是钢球，两球体质量不相同，因此甲同学在进行如图甲所示的实验，他是在研究向心力的大小 F_n 与 m 的关系。

(4) [4]乙同学用如图乙所示装置做该实验，他测得铝球与钢球质量之比为 1:2，控制圆周运动的半径相同，显示出铝球与钢球所受向心力的比值为 2:1，根据

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

可知，铝球与钢球圆周运动的角速度之比为 2:1，实验中与皮带相连接的变速塔轮边缘的线速度大小相等，根据

$$v = \omega R$$

可知，则他实验中与皮带相连接的变速塔轮对应的半径之比为 1:2。

17. 【答案】 ①. CD##DC ②. BC##CB ③. 0.1 ④. 1.5 ⑤. 5

【详解】(1) [1]小球做平抛运动，水平方向上

$$x = v_0 t$$

竖直方向上

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

解得

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

求平抛运动的初速度，需直接测量的数据：运动轨迹上某点的水平坐标、竖直坐标。

故选 CD。

(2) [2]A. 小球与斜槽之间有摩擦不影响实验的误差，只要保证小球平抛运动的初速度相同即可，故 A 错误；

B. 安装斜槽时其末端未水平，小球平抛运动的初速度不水平，影响实验的误差，故 B 正确；

C. 建立坐标系时，以斜槽末端端口位置为坐标原点，影响实验的误差，应以小球在斜槽末端时球心在竖直板的投影为坐标原点，故 C 正确；

D. 计算平抛运动的初速度时，在曲线上取作计算的点离原点较远可以减小实验的误差，故 D 错误。

故选 BC。

(3) [3][4]由图可知

$$x_{AB} = x_{BC}$$

由于水平方向为匀速直线运动，因此 AB 段和 BC 段用时相同，设为 T ，在竖直方向上，根据

$$y_{BC} - y_{AB} = gT^2$$

解得

$$T = 0.10s$$

小球做平抛运动的初速度为



$$v_0 = \frac{x_{AB}}{T} = \frac{3L}{T} = 1.5\text{m/s}$$

[5]B 点在竖直方向上的速度为

$$v_{By} = \frac{5L+3L}{2T} = 2\text{m/s}$$

从开始到 B 点所用时间为

$$t = \frac{v_{By}}{g} = 0.2\text{s}$$

抛出点距 A 点的竖直距离为

$$y_A = \frac{1}{2}g(t-T)^2 = 0.05\text{m} = 5\text{cm}$$

四、论述计算即（共 3 小题，共 40 分。解答各小题时，应写出必要的文字说明、表达式和重要步骤，只写出最后答案不得分，有数值计算的题，答案中必须明确数值和单位。）

18. 【答案】(1) 75 m; (2) 20 m/s; (3) 1.5 s

【分析】

【详解】(1) 运动员在竖直方向做自由落体运动，有

$$L\sin 37^\circ = \frac{1}{2}gt^2$$

解得

$$L = \frac{gt^2}{2\sin 37^\circ} = 75\text{m}$$

(2) 设运动员离开 O 点时的速度为 v_0 ，运动员在水平方向的分运动为匀速直线运动，有

$$L\cos 37^\circ = v_0t$$

解得

$$v_0 = \frac{L\cos 37^\circ}{t} = 20\text{m/s}$$

(3) 当垂直斜面方向的速度减为零时，运动员离斜坡最远，有

$$v_0\sin 37^\circ = g\cos 37^\circ \cdot t$$

解得

$$t = 1.5\text{s}$$

19. 【答案】(1) 12.5N; (2) $F_{AB} = 1.5\text{N}$, $F_{AC} = 12.5\text{N}$; (3) $F_{AB} = 2\text{N}$, $F_{AC} = 20\text{N}$

【详解】(1) 线 AB 水平且拉力恰为 0，对小球受力分析，在竖直方向上

$$F_T \cos 37^\circ = mg$$

解得

$$F_T = \frac{mg}{\cos 37^\circ} = \frac{10}{0.8}\text{N} = 12.5\text{N}$$

(2) 当线 AB 水平且拉力恰为 0 时，小球的重力和细线 AC 的拉力的合力提供向心力，有



$$mg \tan 37^\circ = m\omega^2 L \sin 37^\circ$$

解得

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos 37^\circ}} = \sqrt{\frac{10}{1 \times 0.8}} \text{rad/s} = \frac{5\sqrt{2}}{2} \text{rad/s}$$

由于

$$\omega_1 = \sqrt{10} \text{rad/s} < \omega$$

则细线 AB 上有拉力，根据牛顿第二定律得

$$F_{AC} \cos 37^\circ = mg$$

$$F_{AC} \sin 37^\circ - F_{AB} = m\omega_1^2 L \sin 37^\circ$$

解得

$$F_{AB} = 1.5 \text{N}, F_{AC} = 12.5 \text{N}$$

(3) 当线 AB 竖直且拉力恰为 0 时， B 点距 C 点的水平和竖直距离相等，故此时绳与竖直方向的夹角为 53° ，此时的角速度设为 ω' ，则

$$mg \tan 53^\circ = m\omega'^2 L \sin 53^\circ$$

解得

$$\omega' = \sqrt{\frac{50}{3}} \text{rad/s}$$

由于

$$\omega_2 = \sqrt{20} \text{rad/s} > \sqrt{\frac{50}{3}} \text{rad/s}$$

则细线 AB 在竖直方向绷直，根据牛顿第二定律得

$$F_{AC} \sin 53^\circ = m\omega_2^2 L \sin 53^\circ$$

$$F_{AC} \cos 53^\circ - mg - F_{AB} = 0$$

解得

$$F_{AB} = 2 \text{N}, F_{AC} = 20 \text{N}$$

20. 【答案】(1) a. $\frac{R^2}{(R+h)^2}$; b. $1 - \frac{4\pi^2 R^3}{GMT^2}$; (2) $\frac{4\pi^2 d^3}{GT^2}$; (3) $9 \times 10^{-3} \text{m}$

【详解】(1) a. 由题可知，弹簧秤的示数与物体所受万有引力大小相等，故

$$F_0 = \frac{GMm}{R^2}$$

$$F_1 = \frac{GMm}{(R+h)^2}$$

解得



$$\frac{F_1}{F_0} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

b. 在赤道地面上称量，则弹簧秤的示数为

$$F_2 = \frac{GMm}{R^2} - m \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

故

$$\frac{F_2}{F_0} = 1 - \frac{4\pi^2 R^3}{GMT^2}$$

(2) 设双星的质量分别为 m_1 、 m_2 ，运动轨道半径分别为 r_1 、 r_2 ，则

$$G \frac{m_1 m_2}{d^2} = m_1 \frac{4\pi^2 r_1}{T^2}$$

$$G \frac{m_1 m_2}{d^2} = m_2 \frac{4\pi^2 r_2}{T^2}$$

联立解得此双星系统的总质量

$$m_{\text{总}} = m_1 + m_2 = \frac{4\pi^2 d^3}{GT^2}$$

(3) 设地球半径为 R ，质量为 m 的物体在地球表面附近环绕地球飞行时，环绕速度为 v_1 ，由万有引力定律和牛顿第二定律可知

$$G \frac{m_e m}{R^2} = m \frac{v_1^2}{R}$$

解得

$$v_1 = \sqrt{\frac{Gm_e}{R}}$$

由题可知，逃逸速度为

$$v_2 = \sqrt{2}v_1 = \sqrt{\frac{2Gm_e}{R}}$$

加入地球变为黑洞，则

$$v_2 \geq c$$

代入数据得地球半径的最大值

$$R = 9 \times 10^{-3} \text{ m}$$