

# 2021 北京顺义一中高一（下）期中

## 物 理

一、单选题（共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分）

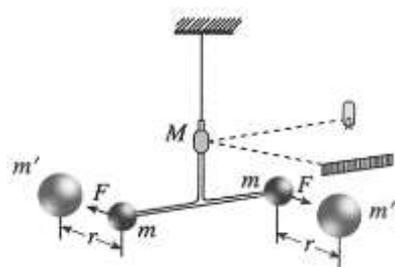
1. 关于曲线运动，下列说法正确的是

- A. 平抛运动是一种匀变速运动
- B. 物体在恒力作用下不可能做曲线运动
- C. 做匀速圆周运动的物体，所受合力是恒定的
- D. 做圆周运动 物体，所受合力总是指向圆心的

2. 对于开普勒行星运动定律的理解，下列说法正确的是（ ）

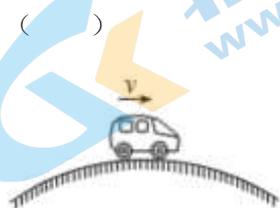
- A. 开普勒通过自己长期观测，记录了大量数据，通过对数据研究总结得出了开普勒行星运动定律
- B. 根据开普勒第一定律，行星围绕太阳运动的轨迹是圆，太阳处于圆心位置
- C. 根据开普勒第二定律，行星距离太阳越近，其运动速度越大；距离太阳越远，其运动速度越小
- D. 根据开普勒第三定律，行星围绕太阳运动 轨道半径跟它公转周期成正比

3. 物理学领域中具有普适性的一些常量，对物理学的发展有很大作用，引力常量就是其中之一。1687 年牛顿发现了万有引力定律，但并没有得出引力常量。直到 1798 年，卡文迪许首次利用如图所示的装置，比较精确地测量出了引力常量。关于这段历史，下列说法错误的是（ ）



- A. 卡文迪许被称为“首个测量地球质量的人”
- B. 万有引力定律是牛顿和卡文迪许共同发现的
- C. 这个实验装置巧妙地利用放大原理，提高了测量精度
- D. 引力常量不易测量的一个重要原因就是地面上普通物体间的引力太微小

4. 公路上的拱形桥是常见的，汽车过桥最高点时的运动可以看做圆周运动。如图所示，汽车通过桥最高点时（ ）

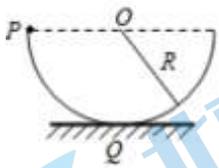


- A. 汽车对桥的压力等于汽车的重力
- B. 汽车对桥的压力大于汽车的重力
- C. 汽车所受的合力竖直向下
- D. 汽车的速度越大，汽车对桥面的压力越大

5. 一个做平抛运动的物体，初速度为  $9.8\text{m/s}$ ，经过一段时间，它的末速度与竖直方向的夹角为  $30^\circ$ ，重力加速度  $g$  取  $9.8\text{m/s}^2$ ，则它下落的时间约为 ( )

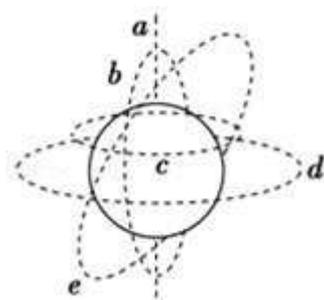
- A. 0.58s
- B. 1.00s
- C. 1.41s
- D. 1.73s

6. 如图所示，一半径为  $R$  的半圆形轨道竖直固定放置，轨道两端等高，质量为  $m$  的质点自轨道端点  $P$  由静止开始滑下，滑到最低点  $Q$  时，对轨道的正压力为  $2mg$ ，重力加速度大小为  $g$ 。质点滑到  $Q$  时的速度大小为 ( )



- A.  $\sqrt{gR}$
- B.  $\sqrt{2gR}$
- C.  $\sqrt{\frac{gR}{2}}$
- D.  $gR$

7. 如图所示，实线圆表示地球，竖直虚线  $a$  表示地轴，虚线圆  $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$  表示地球卫星可能的轨道，对于此图，下列说法正确的是 ( )



- A.  $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$  都可能是地球卫星的轨道
- B.  $c$  可能是地球卫星的轨道
- C.  $b$  可能是地球同步卫星的轨道
- D.  $d$  可能是地球同步卫星的轨道

8. 已知地球质量为  $M$ ，半径为  $R$ ，自转周期为  $T$ ，地球同步卫星质量为  $m$ ，引力常量为  $G$ 。有关同步卫星，下列表述正确的是 ( )

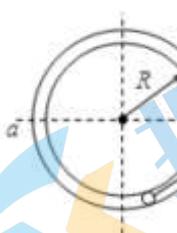
- A. 同步卫星可以在北京上空
- B. 同步卫星的运行速度小于第一宇宙速度
- C. 同步卫星运行时受到的向心力大小为  $\frac{GMm}{R^2}$
- D. 同步卫星运行的向心加速度大于地球表面的重力加速度

9. 高速公路的拐弯处，路面都是筑成外高内低的，即当车向左拐弯时，司机右侧的路面的要高一些，如图所示路面与水平面之间的夹角为  $\theta$ （未画出），设拐弯路段是半径为  $R$  的圆弧，重力加速度大为  $g$ ，要使拐弯时车轮与路面之间横向（即垂于前进方向）摩擦力为零，则车速  $v$  应为（ ）



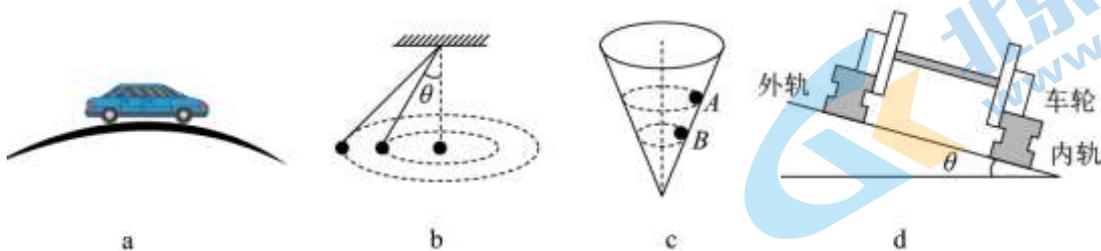
- A.  $gR \tan \theta$       B.  $\sqrt{gR \tan \theta}$       C.  $gR \sin \theta$       D.  $\sqrt{gR \sin \theta}$

10. 如图所示，半径略小于细管的小球在竖直放置的光滑圆形细管做成的轨道内做圆周运动，运动半径为  $R$ ，重力加速度为  $g$ ，则下列说法正确的是（ ）



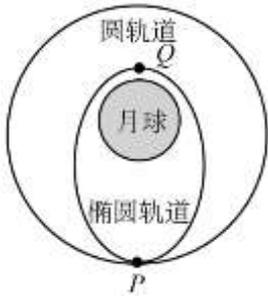
- A. 小球通过最高点时的最小速度  $v_{min} = \sqrt{gR}$   
 B. 小球通过最高点时的最小速度  $v_{min} = 0$   
 C. 小球在水平线  $ab$  以下的管道中运动时，内侧管壁对小球定有作用力  
 D. 小球在水平线  $ab$  以上管道中运动时，外侧管壁对小球定有作用力

11. 如图所示的四幅图表示的是有关圆周运动的基本模型，下列说法正确的是（ ）



- A. 如图  $a$ ，汽车通过拱桥的最高点时处于失重状态  
 B. 图  $b$  所示是一圆锥摆，增大  $\theta$ ，但保持圆锥的高度不变，则圆锥摆的角速度减小  
 C. 如图  $c$ ，同一小球在光滑而固定的圆锥筒内的  $A$ 、 $B$  位置先后做匀速圆周运动，则在  $A$ 、 $B$  两位置小球的角速度及所受筒壁的支持力大小均相等  
 D. 如图  $d$ ，火车转弯超过规定速度行驶时，内轨对内轮缘会有挤压作用

12. “嫦娥三号”探测器由“长征三号乙”运载火箭从西昌卫星发射中心发射，首次实现月球软着陆和月面巡视勘察。假设“嫦娥三号”先后分别在如图所示的环月圆轨道和椭圆轨道上运行，则（ ）

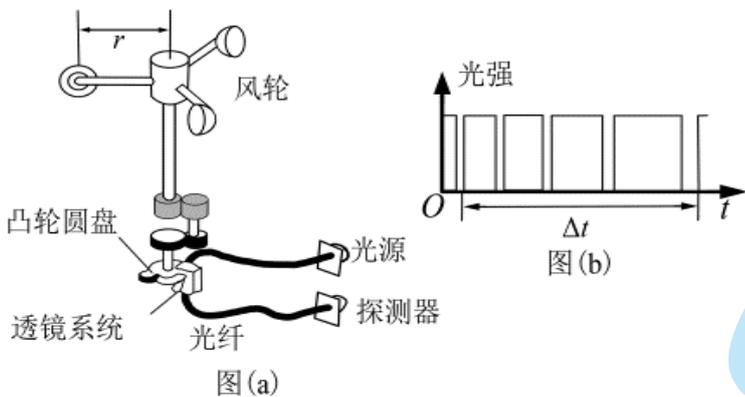


- A. 若已知“嫦娥三号”环月圆轨道的半径、运行周期和引力常量，则可以算出月球的密度
- B. “嫦娥三号”由环月圆轨道变轨为椭圆轨道时，应在  $P$  点发动机点火使其减速
- C. “嫦娥三号”在环月椭圆轨道上运行时  $P$  点的速度大于  $Q$  点的速度
- D. “嫦娥三号”进入环月椭圆轨道后，探测器从  $Q$  点运行到  $P$  点过程中月球对它的引力不变。

13. 我们的银河系的恒星中大约四分之一是双星。某双星由质量不等的星体  $S_1$  和  $S_2$  构成，两星在相互之间的万有引力作用下绕两者连线上某一定点  $C$  做匀速圆周运动。由天文观察测得其运动周期为  $T$ ， $S_1$  到  $C$  点的距离为  $r_1$ ， $S_1$  和  $S_2$  的距离为  $r$ ，已知引力常量为  $G$ 。由此可求出  $S_2$  的质量为 ( )

- A.  $\frac{4\pi^2(r-r_1)r^2}{GT^2}$       B.  $\frac{4\pi^2r^3}{GT^2}$       C.  $\frac{4\pi^2r_1^3}{GT^2}$       D.  $\frac{4\pi^2r^2r_1}{GT^2}$

14. 风速仪结构如图 (a) 所示。光源发出的光经光纤传输，被探测器接收，当风轮旋转时，通过齿轮带动凸轮圆盘旋转，当圆盘上的凸轮经过透镜系统时光被挡住。已知风轮叶片转动半径为  $r$ ，每转动  $n$  圈带动凸轮圆盘转动一圈。若某段时间  $\Delta t$  内探测器接收到的光强随时间变化关系如图 (b) 所示，则该时间段内风轮叶片



- A. 转速逐渐减小，平均速率为  $\frac{4\pi nr}{\Delta t}$
- B. 转速逐渐减小，平均速率为  $\frac{8\pi nr}{\Delta t}$
- C. 转速逐渐增大，平均速率为  $\frac{4\pi nr}{\Delta t}$
- D. 转速逐渐增大，平均速率为  $\frac{8\pi nr}{\Delta t}$

## 二、实验题 (共 18 分)

15. 为了进一步研究平抛运动，某同学用如图所示的装置进行实验。

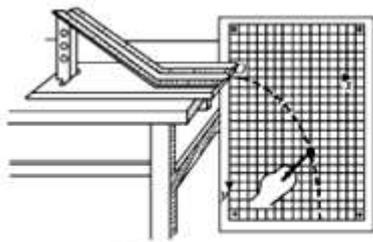


图1

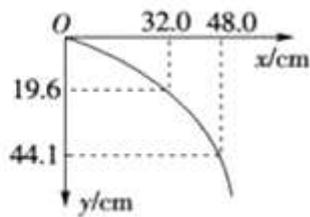


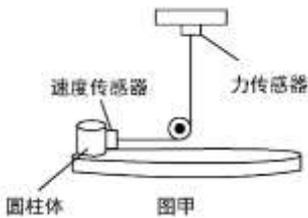
图2

(1) 为了准确地描绘出平抛运动的轨迹，下列要求合理的是\_\_\_\_\_。

- A. 小球每次必须从斜槽上同一位置由静止释放
- B. 斜槽轨道必须光滑
- C. 斜槽轨道末端必须水平
- D. 本实验必需的器材还有刻度尺和秒表

(2) 图是正确实验取得的数据，其中  $O$  为抛出点，则此小球做平抛运动的初速度为\_\_\_\_\_m/s (取重力加速度  $g = 9.8\text{m/s}^2$ )

16. 如图甲所示是某同学探究做圆周运动 向心力的大小与半径、线速度、质量的关系的实验装置，圆柱体放置在水平光滑圆盘上做匀速圆周运动。力传感器测量向心力  $F$ ，速度传感器测量圆柱体的线速度  $v$ ，该同学通过保持圆柱体质量和运动半径不变，来探究向心力  $F$  与线速度  $v$  的关系。



图甲

(1) 该同学采用的实验方法为\_\_\_\_\_。

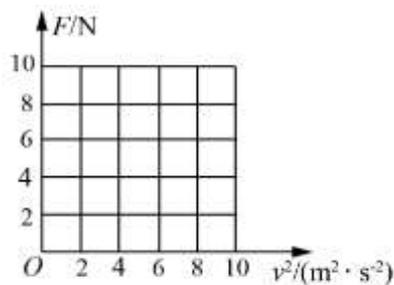
- A. 等效替代法
- B. 控制变量法
- C. 理想化模型法

(2) 改变线速度  $v$ ，多次测量，该同学测出了五组  $v$ 、 $F$  数据，

$v$ (m/s)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
$F$ /N	0.88	2.00	3.50	5.50	7.90

①他发现  $F-v$  图是一条曲线，请你根据上面数据帮他在图乙中描点并作出  $F-v^2$  图线\_\_\_\_\_；

②若圆柱体运动半径  $r=0.2\text{m}$ ，由作出的  $F-v^2$  图线可得圆柱体的质量  $m=_____$ kg。(结果保留两位有效数字)

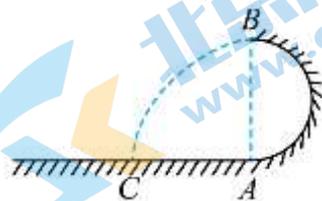


图乙

三、计算论证题（每题 10 分，共 40 分）

17. 质量为  $m$  的小球以某速度从  $A$  点无摩擦地滚上半圆轨道，小球通过轨道的最高点  $B$  后恰好做平抛运动，且正好落在水平地面上的  $C$  点，已知  $AC=4R$ ，求：

- (1) 小球在  $B$  点时的速度大小；
- (2) 小球在  $B$  点时半圆轨道对它的弹力大小；



18. 牛顿利用开普勒第三定律、牛顿运动定律和圆周运动的规律，推导出太阳和行星之间的引力表达式。设太阳的质量为  $M$ ，行星的质量为  $m$ ，太阳到行星之间的距离为  $r$ ，万有引力常数为  $G$ 。

- (1) 求行星运行的加速度  $a$
- (2) 求行星运行的周期  $T$
- (3) 请你写出牛顿推导万有引力定律的过程。

19. 假如宇航员乘坐宇宙飞船到达某行星，在该行星“北极”距地面  $h$  处由静止释放一个小球（引力视为恒力，阻力可忽略），经过时间  $t$  落到地面。已知该行星半径为  $r$ ，自转周期为  $T$ ，引力常量为  $G$ ，求：

- (1) 该行星表面的重力加速度大小；
- (2) 该行星的平均密度  $\rho$ ；
- (3) 该行星的第一宇宙速度  $v$ ；
- (4) 如果该行星有一颗同步卫星，其距行星表面的高度  $h$  为多少？

20. 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）



# 2021 北京顺义一中高一（下）期中物理

## 参考答案

一、单选题（共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分）

1. 【答案】A

【解析】

【详解】A. 平抛运动的加速度为重力加速度，大小、方向都不变，所以平抛运动是一种匀变速运动，故 A 正确；

B. 物体在恒力作用下可能做曲线运动，如平抛运动，故 B 错误；

C. 做匀速圆周运动的物体，所受的合力大小不变，方向始终指向圆心，是变力，故 C 错误；

D. 做圆周运动的物体所受合力的方向不一定指向圆心，只有做匀速圆周运动的物体所受合力的方向才始终指向圆心，故 D 错误。

2. 【答案】C

【解析】

【详解】A. 第谷进行了长期观测，记录了大量数据，开普勒通过对数据研究总结得出了开普勒行星运动定律，故 A 错误；

B. 行星围绕太阳运动的轨迹是椭圆，太阳处于椭圆的一个焦点上，故 B 错误；

C. 根据开普勒第二定律，行星距离太阳越近，其运动速度越大，距离太阳越远，其运动速度越小，故 C 正确；

D. 根据开普勒第三定律，行星围绕太阳运动轨道的半长轴的三次方跟它公转周期的二次方成正比，故 D 错误。

故选 C。

3. 【答案】B

【解析】

【详解】A. 卡文迪许因为首次比较精确地测量出了引力常量，被称为“首个测量地球质量的人”，选项 A 正确，不符合题意；

B. 万有引力定律是牛顿发现的，选项 B 错误，符合题意；

C. 这个实验装置巧妙地利用放大原理，提高了测量精度，选项 C 正确，不符合题意；

D. 引力常量不易测量的一个重要原因就是地面上普通物体间的引力太微小，选项 D 正确，不符合题意。

故选 B。

4. 【答案】C

【解析】

【分析】

【详解】在最高点，合外力的方向竖直向下，加速度方向向下，则有：

$$mg - N = m \frac{v^2}{r}$$

根据牛顿第三定律可知，汽车对桥的压力小于汽车的重力，汽车的速度越大，汽车对桥面的压力越小，故 C 正确 ABD 错误。

故选 C。

5. 【答案】 D

【解析】

【详解】物体做平抛运动，根据平抛运动的特点可知

$$\tan(90^\circ - 30^\circ) = \tan 60^\circ = \frac{gt}{v_0}$$

解得

$$t = 1.73\text{s}$$

故 D 正确，ABC 错误。

故选 D。

6. 【答案】 A

【解析】

【分析】

【详解】质点经过 Q 点时，由重力和轨道的支持力提供向心力

$$N - mg = m \frac{v_Q^2}{R}$$

由题有

$$N = 2mg$$

可得

$$v_Q = \sqrt{gR}$$

故 A 正确。

故选 A。

7. 【答案】 D

【解析】

【分析】

【详解】AB. 地球的所有卫星的轨道圆心一定在地心，故  $b$ 、 $d$ 、 $e$  都可能是地球卫星的轨道， $c$  不可能是地球卫星的轨道，故 AB 错误；

CD. 地球同步卫星和地面相对静止，一定在赤道的正上方，所以  $b$  不可能是地球同步卫星的轨道， $d$  可能是地球同步卫星的轨道，故 C 错误，D 正确。

故选 D。

8. 【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】A. 地球同步卫星若在除赤道所在平面外的任意点，假设实现了“同步”，那它的运动轨道所在平面与受到地球的引力就不在一个平面上，就稳定做圆周运动，这是不可能的，因此地球同步卫星相对地面静止不动，所以必须定点在赤道的正上方，故 A 错误；

B. 第一宇宙速度是最大环绕速度，即近地卫星的速度，根据高轨低速可得：同步卫星的轨道半径比近地卫星的轨道半径大，故线速度小于第一宇宙速度。故 B 正确；

C. 同步卫星运行时受到的向心力大小为  $\frac{GMm}{r^2}$ ， $r$  为轨道半径，故 C 错误；

D. 对近地卫星，得

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

对于同步卫星，根据万有引力提供向心力，得：

$$\frac{GMm}{r^2} = ma$$

其中  $r$  为同步卫星轨道半径， $r=R+h$ ，比较得到，同步卫星运行的向心加速度小于地球表面的重力加速度，故 D 错误；

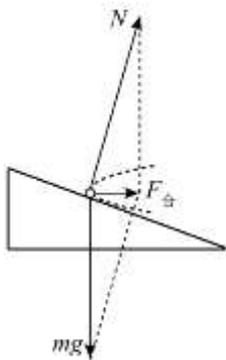
故选 B。

9. 【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】ABCD. 车转弯时受力分析如图



根据牛顿第二定律可得

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

解得

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

故 B 正确 ACD 错误。

故选 B。

10. 【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】AB. 由于管子能支撑小球，所以小球能够通过最高点时的最小速度为  $v_{\min}=0$ ；故 A 错误，B 正确。

C. 小球在水平线  $ab$  以下的管道中运动时，受到的合外力向上，则主要应是外侧管壁提供作用力，故内侧管壁对小球一定无作用力；故 C 错误；

D. 小球在水平线  $ab$  以上的管道中运动时，外侧管壁对小球不一定有作用力。如速度较小时，重力与下管壁的合力充当向心力，故 D 错误。

故选 B。

11. 【答案】A

【解析】

【分析】

【详解】A. 在题图  $a$  中，汽车通过拱桥的最高点时，向心力方向向下，桥对车的支持力小于车的重力，车处于失重状态，故 A 正确；

B. 题图  $b$  中，由牛顿第二定律可得

$$mg \tan \theta = m \omega^2 h \tan \theta$$

圆锥摆的角速度

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{h}}$$

所以若保持圆锥的高度不变，则角速度不变，故 B 错误；

C. 在题图 c 中，在 A、B 两位置时小球所受筒壁的支持力大小相等，则向心力相等，但在 B 位置时的轨迹半径小，根据

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

可知，B 位置时角速度大，故 C 错误；

D. 在题图 d 中，火车转弯超过规定速度行驶时，应是外轨对外轮缘有挤压作用，故 D 错误。

故选 A。

12. 【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】A. 根据万有引力提供向心力

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

可以解出月球的质量，但不知月球半径，无法计算月球密度，故 A 错误；

B. “嫦娥三号”在环月段圆轨道上 P 点减速，使万有引力大于向心力做近心运动，才能进入环月段椭圆轨道，故 B 正确；

C. “嫦娥三号”在环月段椭圆轨道上 P 点向 Q 点运动中，距离月球越来越近，月球对其引力做正功，故速度增大，即嫦娥三号在环月段椭圆轨道上 P 点的速度小于 Q 点的速度，故 C 错误；

D. “嫦娥三号”进入环月椭圆轨道后关闭发动机，探测器从 Q 点运行到 P 点过程中

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

距离变化，引力变化，故 D 错误。

故选 B。

13. 【答案】D

【解析】

【分析】

【详解】某双星由质量不等的星体 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 构成，两星在相互之间的万有引力作用下绕两者连线上某一定点 C 做匀速圆周运动。根据万有引力提供向心力有：

$$\frac{Gm_1m_2}{r^2} = m_1 \frac{4\pi^2 r_1}{T^2} = m_2 \frac{4\pi^2 r_2}{T^2}$$

解得

$$m_2 = \frac{4\pi^2 r^2 r_1}{GT^2}$$

故选 D。

14. 【答案】 B

【解析】

【详解】根据题意，从图 (b) 可以看出，在  $\Delta t$  时间内，探测器接收到光的时间在增长，圆盘凸轮的挡光时间也在增长，可以确定圆盘凸轮的转动速度在减小；在  $\Delta t$  时间内可以从图看出有 4 次挡光，即圆盘转动 4 周，

则风轮叶片转动了  $4n$  周，风轮叶片转过的弧长为  $l = 4n \times 2\pi r$ ，叶片转动速率为： $v = \frac{8n\pi r}{\Delta t}$ ，故选项 B 正

确。

【点睛】先通过图示判断圆盘凸轮的转动速度变化和转动圈数，再通过圆周运动的关系计算叶片转动速率。

二、实验题 (共 18 分)

15. 【答案】 (1). AC (2). 1.6

【解析】

【详解】(1) [1]AB. 为了保证小球平抛运动的初速度相等，每次让小球从斜槽的同一位置由静止释放，斜槽轨道不一定需要光滑，故 A 正确，B 错误；

C. 为了保证小球的初速度水平，斜槽轨道末端必须水平，故 C 正确；

D. 小球平抛运动的时间可以根据竖直位移求出，不需要秒表，故 D 错误。

故选 AC。

(2) [2]做平抛运动，在竖直方向上

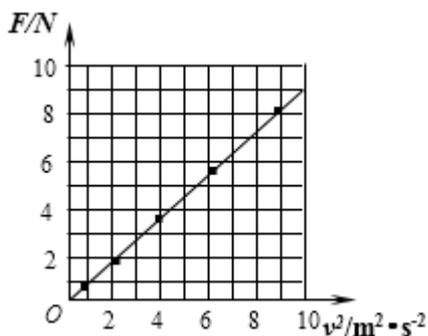
$$y = \frac{1}{2}gt^2$$

代入数据解得  $t = 0.2\text{s}$

则平抛运动的初速度为

$$v_0 = \frac{x}{t} = \frac{0.32}{0.2} \text{m/s} = 1.6 \text{m/s}$$

16. 【答案】 (1). B (2).



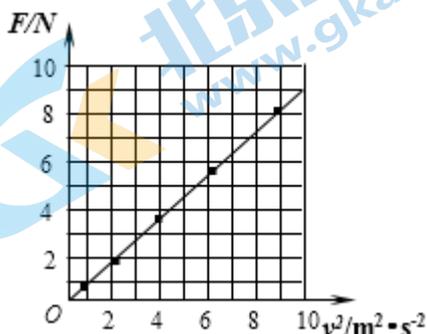
(3). 0.19

【解析】

【分析】

【详解】(1)[1]实验中研究向心力和速度的关系，保持圆柱体质量和运动半径不变，采用的实验方法为控制变量法。

(2)[2] 图乙中作出  $F-v^2$  图线如图所示



[3] 根据

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

图线的斜率

$$k = \frac{m}{r}$$

则有

$$\frac{m}{r} = \frac{8}{8.5}$$

代入数据解得

$$m = 0.19\text{kg}$$

三、计算论证题（每题 10 分，共 40 分）

17. 【答案】 (1)  $v_B = 2\sqrt{gR}$ ； (2)  $3mg$

【解析】

【分析】

【详解】(1) 物体由 B 到 C 做平抛运动，所以有：

$$H = 2R = \frac{1}{2}gt^2, \quad x_{AC} = 4R = v_B t$$

解得

$$v_B = 2\sqrt{gR}$$

(2) 在 B 点，由向心力公式得：

$$F_1 + mg = m \frac{v_B^2}{R}$$

解得：

$$F_1 = 3mg$$

此时半圆轨道对小球的弹力  $F_1 = 3mg$ ，方向竖直向下。

18. 【答案】(1)  $a = G \frac{M}{r^2}$ ；(2)  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$ ；(3) 见解析

【解析】

【分析】

【详解】(1) 行星运行的加速度

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

解得

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

(2) 行星运行的周期

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

解得

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$$

(3) 设行星的质量为  $m$ ，速度为  $v$ ，行星到太阳距离为  $r$ ，则行星绕太阳做匀速圆周运动的向心力：

$$F = m \frac{v^2}{r}$$

又行星运动速度  $v$  和周期  $T$  的关系：

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

代入向心力公式得：

$$F = 4\pi^2 \left(\frac{r^3}{T^2}\right) \frac{m}{r^2}$$

根据开普勒行星运动的规律：

$$\frac{T^2}{r^3} = C \quad (\text{常数})$$

得出结论：行星和太阳之间的引力跟行星的质量成正比，跟行星到太阳的距离的二次方成反比，即：

$$F \propto \frac{m}{r^2}$$

根据牛顿第三定律，行星吸引太阳的力跟太阳吸引行星的力大小相等并且具有相同的性质，即行星对太阳的吸引力也应该和太阳的质量成正比。用  $M$  表示太阳的质量， $F'$  表示行星对太阳的吸引力：

$$F' \propto \frac{M}{r^2}$$

且： $F=F'$ ，可得：

$$F \propto \frac{Mm}{r^2}$$

写成等式

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

19. 【答案】(1)  $\frac{2h}{t^2}$  ; (2)  $\frac{3h}{2\pi G t^2 r}$  ; (3)  $\sqrt{\frac{2h}{t^2}} r$  ; (4)  $\sqrt[3]{\frac{hT^2 r^2}{2\pi^2 t^2}} - r$ 。

【解析】

【详解】(1) 设行星表面的重力加速度为  $g$ ，对小球，有： $h = \frac{1}{2} g t^2$  解得

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

(2) 对行星表面的物体  $m$ ，有： $G \frac{Mm}{r^2} = mg$ ，故行星质量

$$M = \frac{2hr^2}{Gt^2}$$

故行星的密度

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3h}{2\pi G t^2 r}$$

(3) 对处于行星表面附近做匀速圆周运动的卫星  $m$ ，由牛顿第二定律，有： $mg = m\frac{v^2}{r}$ ，故第一宇宙速度为

$$v = \sqrt{gr} = \sqrt{\frac{2h}{t^2}r}$$

(4) 同步卫星的周期与星球自转周期相同，为  $T$ ，由牛顿第二定律，有

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

得同步卫星距行星表面高度

$$h = \sqrt[3]{\frac{hT^2r^2}{2\pi^2t^2}} - r$$

20. 【答案】  $9 \times 10^{-3} \text{m}$

【解析】

【分析】

【详解】设地球质量为  $m_e$ ，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

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

解得：

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

逃逸速度：

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

假如地球变为黑洞：

$$v_2 \geq c$$

代入数据解得地球半径的最大值

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

## 关于我们

北京高考在线创办于 2014 年，隶属于北京太星网络科技有限公司，是北京地区极具影响力的中学升学服务平台。主营业务涵盖：北京新高考、高中生涯规划、志愿填报、强基计划、综合评价招生和学科竞赛等。

北京高考在线旗下拥有网站门户、微信公众平台等全媒体矩阵生态平台。平台活跃用户 40W+，网站年度流量数千万量级。用户群体立足于北京，辐射全国 31 省市。

北京高考在线平台一直秉承“精益求精、专业严谨”的建设理念，不断探索“K12 教育+互联网+大数据”的运营模式，尝试基于大数据理论为广大中学和家长提供新鲜的高考资讯、专业的高考政策解读、科学的升学规划等，为广大高校、中学和教科研单位提供“衔接和桥梁纽带”作用。

平台自创办以来，为众多重点大学发现和推荐优秀生源，和北京近百所中学达成合作关系，累计举办线上线下升学公益讲座数百场，帮助数十万考生顺利通过考入理想大学，在家长、考生、中学和社会各界具有广泛的口碑影响力

未来，北京高考在线平台将立足于北京新高考改革，基于对北京高考政策研究及北京高校资源优势，更好的服务全国高中家长和学生。



微信搜一搜

北京高考资讯