

专题 06 万有引力定律与航天

1. (2020·新课标I卷) 火星的质量约为地球质量的 $\frac{1}{10}$ ，半径约为地球半径的 $\frac{1}{2}$ ，则同一物体在火星表面与在地球表面受到的引力的比值约为 ()

- A. 0.2 B. 0.4 C. 2.0 D. 2.5

【答案】B

【解析】设物体质量为 m ，则在火星表面有 $F_1 = G \frac{M_1 m}{R_1^2}$ ，在地球表面有

$F_2 = G \frac{M_2 m}{R_2^2}$ ，由题意知有 $\frac{M_1}{M_2} = \frac{1}{10}$ ， $\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{2}$ ，故联立以上公式可得

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{M_1 R_2^2}{M_2 R_1^2} = \frac{1}{10} \times \frac{4}{1} = 0.4, \text{ 故选 B.}$$

2. (2020·新课标II卷) 若一均匀球形星体的密度为 ρ ，引力常量为 G ，则在该星体表面附近沿圆轨道绕其运动的卫星的周期是 ()

- A. $\sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$ B. $\sqrt{\frac{4\pi}{G\rho}}$ C. $\sqrt{\frac{1}{3\pi G\rho}}$ D.

$$\sqrt{\frac{1}{4\pi G\rho}}$$

【答案】A

【解析】卫星在星体表面附近绕其做圆周运动，则 $\frac{GMm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$ ， $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

， $\rho = \frac{M}{V}$ ，知卫星该星体表面附近沿圆轨道绕其运动的卫星的周期 $T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$ 。

3. (2020·新课标III卷) “嫦娥四号”探测器于2019年1月在月球背面成功着陆，着陆前曾绕月球飞行，某段时间可认为绕月做匀速圆周运动，圆周半径为月球半

径的 K 倍。已知地球半径 R 是月球半径的 P 倍，地球质量是月球质量的 Q 倍，地球表面重力加速度大小为 g 。则“嫦娥四号”绕月球做圆周运动的速率为（ ）

- A. $\sqrt{\frac{RKg}{QP}}$ B. $\sqrt{\frac{RPKg}{Q}}$ C. $\sqrt{\frac{RQg}{KP}}$ D. $\sqrt{\frac{RPg}{QK}}$

【答案】D

【解析】假设在地球表面和月球表面上分别放置质量为 m 和 m_0 的两个物体，则

在地球和月球表面处，分别有 $G\frac{Mm}{R^2} = mg$ ， $G\frac{\frac{M}{Q}m_0}{\left(\frac{R}{P}\right)^2} = m_0g'$ ，解得 $g' = \frac{P^2}{Q}g$ ，设

嫦娥四号卫星的质量为 m_1 ，根据万有引力提供向心力得 $G\frac{\frac{M}{Q}m_1}{\left(K\frac{R}{P}\right)^2} = m_1\frac{v^2}{K\frac{R}{P}}$ ，解

得 $v = \sqrt{\frac{RPg}{QK}}$ ，故选 D。

4. (2020·江苏卷) 甲、乙两颗人造卫星质量相等，均绕地球做圆周运动，甲的轨道半径是乙的 2 倍。下列应用公式进行的推论正确的有（ ）

- A. 由 $v = \sqrt{gR}$ 可知，甲的速度是乙的 $\sqrt{2}$ 倍
 B. 由 $a = \omega^2 r$ 可知，甲的向心加速度是乙的 2 倍
 C. 由 $F = G\frac{Mm}{r^2}$ 可知，甲的向心力是乙的 $\frac{1}{4}$
 D. 由 $\frac{r^3}{T^2} = k$ 可知，甲的周期是乙的 $2\sqrt{2}$ 倍

【答案】CD

【解析】卫星绕地球做圆周运动，万有引力提供向心力，则

$F_{\text{向}} = \frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r = m\frac{4\pi^2}{T^2}r = ma$ ，A. 因为在不同轨道上 g 是不一样的，

故不能根据 $v = \sqrt{gR}$ 得出甲乙速度的关系，卫星的运行线速 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，代入数

据可得 $\frac{v_{\text{甲}}}{v_{\text{乙}}} = \sqrt{\frac{r_{\text{乙}}}{r_{\text{甲}}}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ，故 A 错误；

B. 因为在不同轨道上两卫星的角速度不一样，故不能根据 $a = \omega^2 r$ 得出两卫星加速度的关系，卫星的运行加速度 $a = \frac{GM}{r^2}$ ，代入数据可得 $\frac{a_{\text{甲}}}{a_{\text{乙}}} = \frac{r_{\text{乙}}^2}{r_{\text{甲}}^2} = \frac{1}{4}$ ，故 B 错误；

C. 根据 $F_{\text{向}} = \frac{GMm}{r^2}$ ，两颗人造卫星质量相等，可得 $\frac{F_{\text{向甲}}}{F_{\text{向乙}}} = \frac{r_{\text{乙}}^2}{r_{\text{甲}}^2} = \frac{1}{4}$ ，故 C 正确；

D. 两卫星均绕地球做圆周运动，根据开普勒第三定律 $\frac{r^3}{T^2} = k$ ，可得

$$\frac{T_{\text{甲}}}{T_{\text{乙}}} = \sqrt{\frac{r_{\text{甲}}^3}{r_{\text{乙}}^3}} = 2\sqrt{2}，故 D 正确。$$

故选 CD。

5. (2020·山东卷) 我国将在今年择机执行“天问 1 号”火星探测任务。质量为 m 的着陆器在着陆火星前，会在火星表面附近经历一个时长为 t_0 、速度由 v_0 减速到零的过程。已知火星的质量约为地球的 0.1 倍，半径约为地球的 0.5 倍，地球表面的重力加速度大小为 g ，忽略火星大气阻力。若该减速过程可视为一个竖直向下的匀减速直线运动，此过程中着陆器受到的制动力大小约为 ()

A. $m\left(0.4g - \frac{v_0}{t_0}\right)$ B. $m\left(0.4g + \frac{v_0}{t_0}\right)$ C. $m\left(0.2g - \frac{v_0}{t_0}\right)$ D.

$m\left(0.2g + \frac{v_0}{t_0}\right)$

【答案】B

【解析】忽略星球的自转，万有引力等于重力 $G\frac{Mm}{R^2} = mg$ ，则

$$\frac{g_{\text{火}}}{g_{\text{地}}} = \frac{M_{\text{火}}}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{R_{\text{地}}^2}{R_{\text{火}}^2} = 0.1 \times \frac{1}{0.5^2} = 0.4, \text{ 解得 } g_{\text{火}} = 0.4g_{\text{地}} = 0.4g, \text{ 着陆器做匀减速直}$$

线运动，根据运动学公式可知 $0 = v_0 - at_0$ ，解得 $a = \frac{v_0}{t_0}$ ，匀减速过程，根据牛顿

第二定律得 $f - mg = ma$ ，解得着陆器受到的制动力大小为

$$f = mg + ma = m(0.4g + \frac{v_0}{t_0}), \text{ ACD 错误, B 正确。故选 B。}$$

6. (2020·天津卷) 北斗问天，国之夙愿。我国北斗三号系统的收官之星是地球静止轨道卫星，其轨道半径约为地球半径的 7 倍。与近地轨道卫星相比，地球静止轨道卫星 ()



- A. 周期大 B. 线速度大 C. 角速度大 D. 加速度大

【答案】A

【解析】卫星有万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r} = mr\omega^2 = m\frac{4\pi^2}{T^2}r = ma$ ，可

$$\text{解得 } v = \sqrt{\frac{GM}{r}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}, \quad a = \frac{GM}{r^2}, \text{ 可知半径越大线速度,}$$

角速度，加速度都越小，周期越大；故与近地卫星相比，地球静止轨道卫星周期大，故 A 正确，BCD 错误。故选 A。

7. (2020·浙江卷) 火星探测任务“天问一号”的标识如图所示。若火星和地球绕太阳的运动均可视为匀速圆周运动，火星公转轨道半径与地球公转轨道半径之比为 3:2，则火星与地球绕太阳运动的 ()



- A. 轨道周长之比为 2:3
- B. 线速度大小之比为 $\sqrt{3}:\sqrt{2}$
- C. 角速度大小之比为 $2\sqrt{2}:3\sqrt{3}$
- D. 向心加速度大小之比为 9:4

【答案】C

【解析】A. 由周长公式可得 $C_{\text{地}} = 2\pi r_{\text{地}}$, $C_{\text{火}} = 2\pi r_{\text{火}}$, 则火星公转轨道与地球公转轨道周长之比为 $\frac{C_{\text{火}}}{C_{\text{地}}} = \frac{2\pi r_{\text{火}}}{2\pi r_{\text{地}}} = \frac{3}{2}$, A 错误; BCD. 由万有引力提供向心力,

可得 $G\frac{Mm}{r^2} = ma = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$, 则有 $a = \frac{GM}{r^2}$, $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$, 即

$\frac{a_{\text{火}}}{a_{\text{地}}} = \frac{r_{\text{地}}^2}{r_{\text{火}}^2} = \frac{4}{9}$, $\frac{v_{\text{火}}}{v_{\text{地}}} = \frac{\sqrt{r_{\text{地}}}}{\sqrt{r_{\text{火}}}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$, $\frac{\omega_{\text{火}}}{\omega_{\text{地}}} = \frac{\sqrt{r_{\text{地}}^3}}{\sqrt{r_{\text{火}}^3}} = \frac{2\sqrt{2}}{3\sqrt{3}}$, BD 错误, C 正确。故选 C

8. (2020·湖南省高二学业考试) 天琴计划是中国为了探测引力波而提出的项目, 该计划具体为 2035 年前后在距离地球约 10 万千米的轨道上, 部署 3 颗卫星, 构成边长约为 17 万千米的等边三角形编队, 在太空中建成一个引力波天文台, 探测引力波。则这三颗卫星 ()

- A. 向心加速度大小不同
- B. 加速度大小不同
- C. 线速度大小不同
- D. 周期相同

【答案】D

【解析】A. 根据 $\frac{GmM}{r^2} = ma$ ，得 $a = \frac{GM}{r^2}$ ，由于三颗卫星到地球的距离相等，则它们的向心加速与加速度大小相等，故 AB 错误；C. 由公式 $a_n = \frac{v^2}{r}$ 可知，由于三颗卫星到地球的距离相等，则三颗卫星线速度大小相同，故 C 错误；D. 由公式 $a_n = \frac{4\pi^2}{T^2} r$ 可知，由于三颗卫星到地球的距离相等，则三颗卫星周期相同，故 D 正确。故选 D。

十年高考真题分类汇编(2010—2019) 物理

专题 06 万有引力定律与航天

选择题：

1.(2019•海南卷•T4)2019 年 5 月，我国第 45 颗北斗卫星发射成功。已知该卫星轨道距地面的高度约为 36000km，是“天宫二号”空间实验室轨道高度的 90 倍左右，则

- A.该卫星的速率比“天宫二号”的大
- B.该卫星的周期比“天宫二号”的大
- C.该卫星的角速度比“天宫二号”的大
- D.该卫星的向心加速度比“天宫二号”的大

【答案】B

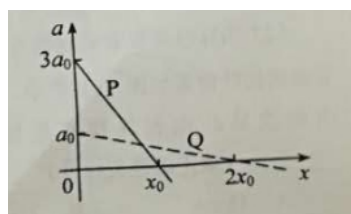
【解析】

根据 $G \frac{Mm}{r^2} = mr\omega^2 = m \frac{4\pi^2}{T^2} = m \frac{v^2}{r} = ma$ 解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ， $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ ，

$\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ ， $a = \frac{GM}{r^2}$ ，因北斗卫星的运转半径大于天宫二号的轨道半径，可知该卫星的速率比“天宫二号”的小；该卫星的周期比“天宫二号”的大；该卫星的角

速度比“天宫二号”的小；该卫星的向心加速度比“天宫二号”的小，故选项 B 正确，ACD 错误。

2.(2019•全国 I 卷•T8)在星球 M 上将一轻弹簧竖直固定在水平桌面上，把物体 P 轻放在弹簧上端， P 由静止向下运动，物体的加速度 a 与弹簧的压缩量 x 间的关系如图中实线所示。在另一星球 N 上用完全相同的弹簧，改用物体 Q 完成同样的过程，其 $a-x$ 关系如图中虚线所示，假设两星球均为质量均匀分布的球体。已知星球 M 的半径是星球 N 的 3 倍，则



- A. M 与 N 的密度相等
- B. Q 的质量是 P 的 3 倍
- C. Q 下落过程中的最大动能是 P 的 4 倍
- D. Q 下落过程中弹簧的最大压缩量是 P 的 4 倍

【答案】AC

【解析】

A、由 $a-x$ 图象可知，加速度沿竖直向下方向为正方向，根据牛顿第二定律有：

$mg - kx = ma$ ，变形式为： $a = g - \frac{k}{m}x$ ，该图象的斜率为 $-\frac{k}{m}$ ，纵轴截距为重力加速度

g 。根据图象的纵轴截距可知，两星球表面的重力加速度之比为： $\frac{g_M}{g_N} = \frac{3a_0}{a_0} = \frac{3}{1}$ ；又因为

在某星球表面上的物体，所受重力和万有引力相等，即： $G \frac{Mm'}{R^2} = m'g$ ，即该星球的质量

$M = \frac{gR^2}{G}$ 。又因为： $M = \rho \frac{4\pi R^3}{3}$ ，联立得 $\rho = \frac{3g}{4\pi RG}$ 。故两星球的密度之比为：

$\frac{\rho_M}{\rho_N} = \frac{g_M}{g_N} \cdot \frac{R_N}{R_M} = 1:1$ ，故 A 正确；

B、当物体在弹簧上运动过程中，加速度为 0 的一瞬间，其所受弹力和重力二力平衡，

$mg = kx$ ，即： $m = \frac{kx}{g}$ ；结合 a-x 图象可知，当物体 P 和物体 Q 分别处于平衡位置时，弹

簧的压缩量之比为： $\frac{x_P}{x_Q} = \frac{x_0}{2x_0} = \frac{1}{2}$ ，故物体 P 和物体 Q 的质量之比为：

$$\frac{m_P}{m_Q} = \frac{x_P}{x_Q} \cdot \frac{g_N}{g_M} = \frac{1}{6}，故 B 错误；$$

C、物体 P 和物体 Q 分别处于各自的平衡位置(a=0)时，它们的动能最大；根据 $v^2 = 2ax$ ，

结合 a-x 图象面积的物理意义可知：物体 P 的最大速度满足 $v_P^2 = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3a_0 \cdot x_0 = 3a_0x_0$ ，物

体 Q 的最大速度满足： $v_Q^2 = 2a_0x_0$ ，则两物体的最大动能之比：

$$\frac{E_{kQ}}{E_{kP}} = \frac{\frac{1}{2}m_Qv_Q^2}{\frac{1}{2}m_Pv_P^2} = \frac{m_Q}{m_P} \cdot \frac{v_Q^2}{v_P^2} = 4，C 正确；$$

D、物体 P 和物体 Q 分别在弹簧上做简谐运动，由平衡位置(a=0)可知，物体 P 和 Q 振动的振幅 A 分别为 x_0 和 $2x_0$ ，即物体 P 所在弹簧最大压缩量为 $2x_0$ ，物体 Q 所在弹簧最大压缩

量为 $4x_0$ ，则 Q 下落过程中，弹簧最大压缩量时 P 物体最大压缩量的 2 倍，D 错误；

故本题选 AC。

3.(2019•北京卷•T6)2019 年 5 月 17 日，我国成功发射第 45 颗北斗导航卫星，该卫星属于地球静止轨道卫星(同步卫星)。该卫星

- A. 入轨后可以位于北京正上方
- B. 入轨后的速度大于第一宇宙速度
- C. 发射速度大于第二宇宙速度
- D. 若发射到近地圆轨道所需能量较少

【答案】D

【解析】

由同步卫星的特点和卫星发射到越高的轨道所需的能量越大解答。

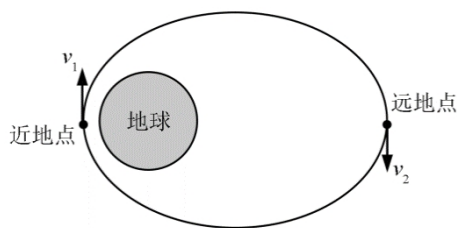
由于卫星为同步卫星，所以入轨后一定只能与赤道在同一平面内，故 A 错误；

由于第一宇宙速度为卫星绕地球运行的最大速度，所以卫星入轨后的速度一定小于第一宇宙速度，故 B 错误；

由于第二宇宙速度为卫星脱离地球引力的最小发射速度，所以卫星的发射速度一定小于第二宇宙速度，故 C 错误；

将卫星发射到越高的轨道克服引力所作的功越大，所以发射到近地圆轨道所需能量较小，故 D 正确。

4.(2019•江苏卷•T4)1970 年成功发射的“东方红一号”是我国第一颗人造地球卫星，该卫星至今仍沿椭圆轨道绕地球运动.如图所示，设卫星在近地点、远地点的速度分别为 v_1 、 v_2 ，近地点到地心的距离为 r ，地球质量为 M ，引力常量为 G .则



A. $v_1 > v_2, v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

B. $v_1 > v_2, v_1 > \sqrt{\frac{GM}{r}}$

C. $v_1 < v_2, v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

D. $v_1 < v_2, v_1 > \sqrt{\frac{GM}{r}}$

【答案】B

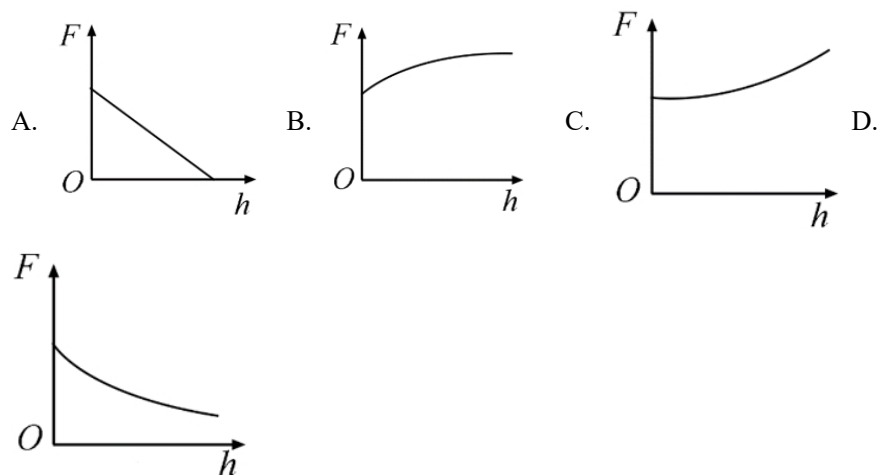
【解析】

“东方红一号”从近地点到远地点万有引力做负功，动能减小，所以 $v_1 > v_2$ ，过近

地点圆周运动的速度为 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，由于“东方红一号”在椭圆上运动，所以

$v_1 > \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，故 B 正确。

5.(2019•全国 II 卷•T1)2019 年 1 月,我国嫦娥四号探测器成功在月球背面软着陆,在探测器奔向”月球的过程中,用 h 表示探测器与地球表面的距离, F 表示它所受的地球引力,能够描 F 随 h 变化关系的图像是



【答案】D

【解析】

【详解】根据万有引力定律可得： $F = \frac{GMm}{(R+h)^2}$ ， h 越大， F 越大，故选项 D 符合题意；

6.(2019•天津卷•T1)2018 年 12 月 8 日,肩负着亿万中华儿女探月飞天梦想的嫦娥四号探测器成功发射,“实现人类航天器首次在月球背面巡视探测,率先在月背刻上了中国足迹”。已知月球的质量为 M 、半径为 R ,探测器的质量为 m ,引力常量为 G ,嫦娥四号探测器围绕月球做半径为 r 的匀速圆周运动时,探测器的



A. 周期为 $\sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$

B. 动能为 $\frac{GMm}{2R}$

C. 角速度为 $\sqrt{\frac{Gm}{r^3}}$

D. 向心加速度为 $\frac{GM}{R^2}$

【答案】C

【解析】

【详解】由万有引力提供向心力可得 $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = m\omega^2 r = m \frac{v^2}{r} = ma$ ，可得

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}, \text{ 故 A 正确; 解得 } v = \sqrt{\frac{GM}{r}}, \text{ 由于 } E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{2r}, \text{ 故 B 错误;}$$

解得 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ ，故 C 错误；解得 $a = \frac{GM}{r^2}$ ，故 D 错误。综上所述，答案为 A

7.(2018·北京卷·T5)若想检验“使月球绕地球运动的力”与“使苹果落地的力”遵循同样的规律，在已知月地距离约为地球半径 60 倍的情况下，需要验证

- A. 地球吸引月球的力约为地球吸引苹果的力的 $1/60^2$
- B. 月球公转的加速度约为苹果落向地面加速度的 $1/60^2$
- C. 自由落体在月球表面的加速度约为地球表面的 $1/6$
- D. 苹果在月球表面受到的引力约为在地球表面的 $1/60$

【答案】B

【解析】A、设月球质量为 $M_{\text{月}}$ ，地球质量为 M ，苹果质量为 m

则月球受到的万有引力为： $F_{\text{月}} = \frac{GMM_{\text{月}}}{(60r)^2}$ ；苹果受到的万有引力为： $F = \frac{GMm}{r^2}$

由于月球质量和苹果质量之间的关系未知，故二者之间万有引力的关系无法确定，故选项 A 错误；

B、根据牛顿第二定律： $\frac{GMM_{\text{月}}}{(60r)^2} = M_{\text{月}}a_{\text{月}}$ ， $\frac{GMm}{r^2} = ma$

整理可以得到： $a_{\text{月}} = \frac{1}{60^2}a$ ，故选项 B 正确；

C、在月球表面处 $G \frac{M_{\text{月}} m}{r_{\text{月}}^2} = ma_{\text{月}}$ ，由于月球本身的半径大小未知，故无法求出

月球表面和地面表面重力加速度的关系，故选项 C 错误；

D、苹果在月球表面受到引力为： $F' = G \frac{M_{\text{月}} m}{r_{\text{月}}^2}$ ，由于月球本身的半径大小未知，

故无法求出苹果在月球表面受到的引力与地球表面引力之间的关系，故选项 D 错误。

8.(2016·全国新课标III卷)关于行星运动的规律，下列说法符合史实的是

A.开普勒在牛顿定律的基础上，导出了行星运动的规律

B.开普勒在天文观测数据的基础上，总结出了行星运动的规律

C.开普勒总结出了行星运动的规律，找出了行星按照这些规律运动的原因

D.开普勒总结出了行星运动的规律，发现了万有引力定律

【答案】B

【解析】开普勒在天文观测数据的基础上，总结出了开普勒天体运动三定律，找出了行星运动的规律，而牛顿发现了万有引力定律，ACD 错误，B 正确。

9.(2017·北京卷)利用引力常量 G 和下列某一组数据，不能计算出地球质量的是

A.地球的半径及重力加速度(不考虑地球自转)

B.人造卫星在地面附近绕地球做圆周运动的速度及周期

C.月球绕地球做圆周运动的周期及月球与地球间的距离

D.地球绕太阳做圆周运动的周期及地球与太阳间的距离

【答案】D

【解析】在地球表面附近，在不考虑地球自转的情况下，物体所受重力等于地球对物体的万有引力，有 $\frac{GMm}{R^2} = mg$ ，可得 $M = \frac{gR^2}{G}$ ，A 能求出地球质量。根据万

有引力提供卫星、月球、地球做圆周运动的向心力，由 $\frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$ ， $vT = 2\pi R$ ，

解得 $M = \frac{v^3 T}{2\pi G}$ ；由 $\frac{GMm_{\text{月}}}{r^2} = m_{\text{月}} \left(\frac{2\pi}{T_{\text{月}}}\right)^2 r$ ，解得 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT_{\text{月}}^2}$ ；由 $\frac{GM_{\text{日}}M}{r_{\text{日}}^2} = M \left(\frac{2\pi}{T_{\text{日}}}\right)^2 r_{\text{日}}$ ，

会消去两边的 M ；故 BC 能求出地球质量，D 不能求出。

10.(2012·福建卷)一卫星绕某一行星表面附近做匀速圆周运动，其线速度大小为 v_0 假设宇航员在该行星表面上用弹簧测力计测量一质量为 m 的物体重力，物体静止时，弹簧测力计的示数为 N_0 ，已知引力常量为 G ，则这颗行星的质量为

A. $\frac{mv^2}{GN}$ B. $\frac{mv^4}{GN}$ C. $\frac{Nv^2}{Gm}$ D. $\frac{Nv^4}{Gm}$

【答案】B

【解析】设星球半径为 R ，星球质量为 M ，卫星质量为 m_1 ，卫星做圆周运动向

心力由万有引力提供即 $\frac{GMm_1}{R^2} = m_1 \frac{v^2}{R}$ ，而星球表面物体所受的重力等于万有引

力即： $N = mg = \frac{GMm}{R^2}$ ；结合两式可解的星球质量为 $\frac{v^4 m}{GN}$ 所以选 B。

11.(2012·新课标全国卷·T7)假设地球是一半径为 R 、质量分布均匀的球体。一矿井深度为 d 。已知质量分布均匀的球壳对壳内物体的引力为零。矿井底部和地面处的重力加速度大小之比为

A. $1 - \frac{d}{R}$ B. $1 + \frac{d}{R}$ C. $\left(\frac{R-d}{R}\right)^2$ D. $\left(\frac{R}{R-d}\right)^2$

【答案】A

【解析】在地球表面 $mg = G \frac{M}{R^2} m$ ，又 $M = \rho \frac{4}{3} \pi R^3$ ，所以 $g = G \frac{M}{R^2} = \frac{4}{3} \pi G \rho R$ ，

因为球壳对球内物体的引力为零，所以在深为 d 的矿井内 $mg' = G \frac{M}{(R-d)^2} m$ ，得

$$g' = G \frac{M}{(R-d)^2} = \frac{4}{3} \pi G \rho (R-d)，所以 \frac{g'}{g} = \frac{R-d}{R} = 1 - \frac{d}{R}。$$

12.(2014·新课标全国卷 II)假设地球可视为质量均匀分布的球体，已知地球表面的重力加速度在两极的大小为 g_0 ，在赤道的大小为 g ；地球自转的周期为 T ，引力常数为 G ，则地球的密度为

A. $\frac{3\pi}{GT^2} \frac{g_0 - g}{g_0}$ B. $\frac{3\pi}{GT^2} \frac{g_0}{g_0 - g}$ C. $\frac{3\pi}{GT^2}$ D. $\rho = \frac{3\pi}{GT^2} \frac{g_0}{g}$

【答案】B

【解析】由万有引力定律可知： $G \frac{Mm}{R^2} = mg_0$ ，在地球的赤道上：

$$G \frac{Mm}{R^2} - mg = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R，地球的质量：M = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho，联立三式可得：$$

$$\rho = \frac{3\pi}{GT^2} \frac{g_0}{g_0 - g}，选项 B 正确；$$

13.(2014·安徽卷)在科学研究中，科学家常将未知现象同已知现象进行比较，找出其共同点，进一步推测未知现象的特性和规律。法国物理学家库仑在研究异种电荷的吸引力问题时，曾将扭秤的振动周期与电荷间距离的关系类比单摆的振动周期与摆球到地心距离的关系。已知单摆摆长为 l ，引力常量为 G ，地球质量为 M ，摆球到地心的距离为 r ，则单摆振动周期 T 与距离 r 的关系式为

A. $T = 2\pi \sqrt{\frac{GM}{l}}$ B. $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{GM}}$ C. $T = \frac{2\pi}{r} \sqrt{\frac{GM}{l}}$ D. $T = 2\pi \sqrt{\frac{r}{GM}}$

【答案】B

【解析】单摆的周期为 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，其中摆球所在处的重力加速度为 $g = G\frac{M}{r^2}$ ，

联立两式可得 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{GM}}$ ，B 正确。

14.(2014·海南卷)设地球自转周期为 T ，质量为 M 。引力常量为 G 。假设地球可视为质量均匀分布的球体，半径为 R 。同一物体在两极和赤道水平面上静止时所受到的支持力之比为

A. $\frac{GMT^2}{GMT^2 - 4\pi^2 R^3}$ B. $\frac{GMT^2}{GMT^2 + 4\pi^2 R^3}$ C. $\frac{GMT^2 - 4\pi^2 R^3}{GMT^2}$ D. $\frac{GMT^2 + 4\pi^2 R^3}{GMT^2}$

【答案】A

【解析】假设物体质量为 m ，物体在两极受到的支持力为 N_1 ，则 $N_1 = \frac{GMm}{R^2}$ ；

假设物体在赤道受到的支持力为 N_2 ，则 $\frac{GMm}{R^2} - N_2 = m\frac{4\pi^2}{T^2}R$ ；联立可得

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{GMT^2}{GMT^2 - 4\pi^2 R^3}，\text{故选 A。}$$

15.(2015·重庆卷·T2)宇航员王亚平在“天宫 1 号”飞船内进行了我国首次太空授课，演示了一些完全失重状态下的物理现象。若飞船质量为 m ，距地面高度为 h ，地球质量为 M ，半径为 R ，引力常量为 G ，则飞船所在处的重力加速度大小为

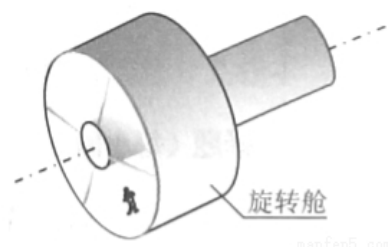
A. 0 B. $\frac{GM}{(R+h)^2}$ C. $\frac{GMm}{(R+h)^2}$ D. $\frac{GM}{h^2}$

【答案】B

【解析】对飞船受力分析知，所受到的万有引力提供匀速圆周运动的向心力，等于飞船所在位置的重力，即 $G\frac{Mm}{(R+h)^2} = mg$ ，可得飞船的重力加速度为

$$g = \frac{GM}{(R+h)^2}，\text{故选 B。}$$

16.(2015·天津卷·T4)未来的星际航行中,宇航员长期处于零重力状态,为缓解这种状态带来的不适,有人设想在未来的航天器上加装一段圆柱形“旋转舱”如图所示,当旋转舱绕其轴线匀速旋转时,宇航员站在旋转舱内圆柱形侧壁上,可以受到与他站在地球表面时相同大小的支持力,为达到目的,下列说法正确的是



- A.旋转舱的半径越大,转动的角速度就应越大
- B.旋转舱的半径越大,转动的角速度就应越小
- C.宇航员质量越大,旋转舱的角速度就应越大
- D.宇航员质量越大,旋转舱的角速度就应越小

【答案】B

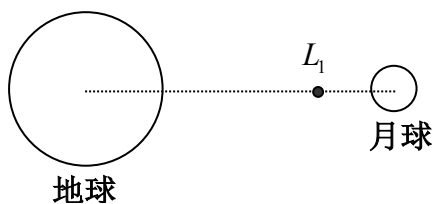
【解析】在外太空,宇航员处于完全失重状态,所以在旋转舱中我们不需要考虑地球引力作用;宇航员在旋转舱中做圆周运动所需要的向心力由侧壁支持力提供

,根据题意有 $F_N = mg = m\omega^2 r$, 故可知 $\omega \propto \sqrt{\frac{1}{r}}$, 与宇航员质量无关,所以选

项 CD 错误; 旋转半径越大,转运角速度就越小,故选项 A 正确、B 错误;

【考点定位】万有引力定律

17.(2015·山东卷·T15)如图,拉格朗日点 L_1 位于地球和月球连线上,处在该点的物体在地球和月球引力的共同作用下,可与月球一起以相同的周期绕地球运动。据此,科学家设想在拉格朗日点 L_1 建立空间站,使其与月球同周期绕地球运动。以 a_1 、 a_2 分别表示该空间站和月球向心加速度的大小, a_3 表示地球同步卫星向心加速度的大小。以下判断正确的是



- A. $a_2 > a_3 > a_1$ B. $a_2 > a_1 > a_3$ C. $a_3 > a_1 > a_2$ D. $a_3 > a_2 > a_1$

【答案】D

【解析】因空间站建在拉格朗日点，故周期等于月球的周期，根据 $a = \frac{4\pi^2}{T^2}r$ 可知， $a_2 > a_1$ ；对空间站和地球的同步卫星而言，因同步卫星周期小于空间站的周期则，同步卫星的轨道半径较小，根据 $a = \frac{GM}{r^2}$ 可知 $a_3 > a_2$ ，故选项 D 正确。

【考点定位】万有引力定律的应用。

18.(2015·海南卷·T6)若在某行星和地球上相对于各自水平地面附近相同的高度处、以相同的速率平抛一物体，它们在水平方向运动的距离之比为 $2:\sqrt{7}$ 。已知该行星质量约为地球的 7 倍，地球的半径为 R，由此可知，该行星的半径为

- A. $\frac{1}{2}R$ B. $\frac{7}{2}R$ C. $2R$ D. $\frac{\sqrt{7}}{2}R$

【答案】C

【解析】平抛运动在水平方向上做匀速直线运动，即 $x = v_0 t$ ，在竖直方向上做自由落体运动，即 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，所以 $x = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，两种情况下，抛出的速度相同，高度相同，所以 $\frac{g_{\text{行}}}{g_{\text{地}}} = \frac{7}{4}$ ，根据公式 $G\frac{Mm}{R^2} = mg$ 可得 $g = \frac{GM}{R^2}$ ，故 $\frac{g_{\text{行}}}{g_{\text{地}}} = \frac{\frac{M_{\text{行}}}{R_{\text{行}}^2}}{\frac{M_{\text{地}}}{R_{\text{地}}^2}} = \frac{7}{4}$ ，

解得 $R_{\text{行}} = 2R$ ，故 C 正确。

【考点定位】平抛运动，万有引力定律

19.(2016·海南卷·T7)通过观测冥王星的卫星,可以推算出冥王星的质量。假设卫星绕冥王星做匀速圆周运动,除了引力常量外,至少还需要两个物理量才能计算出冥王星的质量。这两个物理量可以是

- A.卫星的速度和角速度
B.卫星的质量和轨道半径
C.卫星的质量和角速度
D.卫星的运行周期和轨道半径

【答案】AD

【解析】根据线速度和角速度可以求出半径 $r = \frac{v}{\omega}$, 根据万有引力提供向心力则有 $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, 整理可得 $M = \frac{v^3}{G\omega}$, 故选项 A 正确; 由于卫星的质量 m 可约掉, 故选项 BC 错误。若知道卫星的运行周期和轨道半径, 则 $\frac{GMm}{r^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$, 整理得 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$, 故选项 D 正确。

【考点定位】万有引力定律的应用

【名师点睛】解决本题的关键掌握万有引力提供向心力这一理论, 知道线速度、角速度、周期、向心加速度与轨道半径的关系。

20.(2015·广东卷·T20)在星球表面发射探测器, 当发射速度为 v 时, 探测器可绕星球表面做匀速圆周运动; 当发射速度达到 $\sqrt{2}v$ 时, 可摆脱星球引力束缚脱离该星球, 已知地球、火星两星球的质量比约为 10:1, 半径比约为 2:1, 下列说法正确的有

- A.探测器的质量越大, 脱离星球所需的发射速度越大
B.探测器在地球表面受到的引力比在火星表面的大
C.探测器分别脱离两星球所需要的发射速度相等
D.探测器脱离星球的过程中势能逐渐变大

【答案】BD

【解析】探测器绕星球表面做匀速圆周运动的向心力由星球对它的万有引力提供，设星球质量为 M ，探测器质量为 m ，运行轨道半径为 r ，星球半径为 R ，根据万有引力定律有： $F = G \frac{Mm}{r^2}$ ，在星球表面时 $r=R$ ，所以探测器在地球表面和在火星表面受到的引力之比为： $\frac{F_{地}}{F_{火}} = \frac{M_{地}}{M_{火}} \cdot \frac{R_{火}^2}{R_{地}^2} = \frac{5}{2}$ ，故选项 B 正确；根据向心力公式有： $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ ，解得： $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，与探测器的质量 m 无关，探测器绕地球表面和绕火星表面做匀速圆周运动的速度大小之比为： $\frac{v_{地}}{v_{火}} = \sqrt{\frac{M_{地}}{M_{火}} \cdot \frac{R_{火}}{R_{地}}} = \sqrt{5}$ ，又因为发射速度达到 $\sqrt{2} v$ 时，探测器可摆脱星球引力束缚脱离该星球，故选项 A、C 错误；探测器脱离星球的过程中，高度逐渐增大，其势能逐渐变大，故选项 D 正确。

【考点定位】万有引力定律的应用。

21.(2011·浙江卷)为了探测 X 星球，载着登陆舱的探测飞船在该星球中心为圆心，半径为 r_1 的圆轨道上运动，周期为 T_1 ，总质量为 m_1 。随后登陆舱脱离飞船，变轨到离星球更近的半径为 r_2 的圆轨道上运动，此时登陆舱的质量为 m_2 则

A. X 星球的质量为 $M = \frac{4\pi^2 r_1}{GT_1^2}$

B. X 星球表面的重力加速度为 $g_x = \frac{4\pi^2 r_1}{T_1^2}$

C. 登陆舱在 r_1 与 r_2 轨道上运动是的速度大小之比为 $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{m_1 r_2}{m_2 r_1}}$

D. 登陆舱在半径为 r_2 轨道上做圆周运动的周期为 $T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_2^3}{r_1^3}}$

【答案】AD

【解析】根据 $G\frac{Mm_1}{r_1^2} = m_1r_1\left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2$ 、 $G\frac{Mm_2}{r_2^2} = m_2r_2\left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2$ ，可得 $M = \frac{4\pi^2r_1}{GT_1^2}$ 、

$T_2 = T_1\sqrt{\frac{r_2^3}{r_1^3}}$ ，故 A、D 正确；登陆舱在半径为 r_1 的圆轨道上运动的向心加速度

$a = r_1\omega_1^2 = \frac{4\pi^2r_1}{T_1^2}$ ，此加速度与 X 星球表面的重力加速度并不相等，故 C 错误；

根据 $\frac{GMm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$ ，得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，则 $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$ ，故 C 错误。

【考点定位】万有引力定律

22.(2014·广东卷·T21)如图所示，飞行器 P 绕某星球做匀速圆周运动。星球相对飞行器的张角为 θ 。下列说法正确的是



- A. 轨道半径越大，周期越长
- B. 轨道半径越大，速度越大
- C. 若测得周期和张角，可得到星球的平均密度
- D. 若测得周期和轨道半径，可得到星球的平均密度

【答案】AC

【解析】根据 $\frac{GMm}{R^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R = \frac{mv^2}{R}$ 可得， $T = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$ ， $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ ，故半径

越大，周期越大，速度越小，选项 A 正确；

如果测量出周期，则有 $M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$ ，如果知道张角 θ ，则该星球半径为： $r = R \sin \theta$

，
所以 $M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2} = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho = \frac{4}{3} \pi (R \sin \theta)^3 \rho$ ，故选项 C 正确，而选项 D 无法计算

星球半径，则无法求出星球密度，选项 D 错误。

【考点定位】本题考查万有引力定律

23.(2018·全国 II 卷·T3)2018 年 2 月，我国 500 m 口径射电望远镜(天眼)发现毫秒脉冲星“J0318+0253”，其自转周期 $T=5.19 \text{ ms}$ ，假设星体为质量均匀分布的球体，已知万有引力常量为 $6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ 。以周期 T 稳定自转的星体的密度最小值约为

A. $5 \times 10^9 \text{ kg/m}^3$ B. $5 \times 10^{12} \text{ kg/m}^3$

C. $5 \times 10^{15} \text{ kg/m}^3$ D. $5 \times 10^{18} \text{ kg/m}^3$

【答案】C

【解析】试题分析：在天体中万有引力提供向心力，即 $\frac{GMm}{R^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R$ ，天体的密度公

式 $\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$ ，结合这两个公式求解。

设脉冲星质量为 M ，密度为 ρ

根据天体运动规律知： $\frac{GMm}{R^2} \geq m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R$

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$$

代入可得： $\rho \approx 5 \times 10^{15} \text{ kg/m}^3$ ，故 C 正确；

24.(2018·全国 III 卷)为了探测引力波，“天琴计划”预计发射地球卫星 P，其轨道半径约为地球半径的 16 倍；另一地球卫星 Q 的轨道半径约为地球半径的 4 倍。P 与 Q 的周期之比约为

A. 2:1 B. 4:1 C. 8:1 D. 16:1

【答案】C

【解析】试题分析 本题考查卫星的运动、开普勒定律及其相关的知识点。

解析 设地球半径为 R ，根据题述，地球卫星 P 的轨道半径为 $R_P=16R$ ，地球卫星 Q 的轨道半径为 $R_Q=4R$ ，根据开普勒定律， $\frac{T_P^2}{T_Q^2}=\frac{R_P^3}{R_Q^3}=64$ ，所以 P 与 Q 的周期之比为 $T_P:T_Q=8:1$ ，选项 C 正确。

点睛 此题难度不大，解答此题常见错误是：把题述的卫星轨道半径误认为是卫星距离地面的高度，陷入误区。

25.(2018·浙江卷)土星最大的卫星叫“泰坦”(如图)，每 16 天绕土星一周，其公转轨道半径约为 $1.2 \times 10^6 km$ ，已知引力常量 $G = 6.67 \times 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2$ ，则土星的质量约为



A. $5 \times 10^{17} kg$ B. $5 \times 10^{26} kg$ C. $7 \times 10^{33} kg$ D. $4 \times 10^{36} kg$

【答案】B

【解析】卫星绕土星运动，土星的引力提供卫星做圆周运动的向心力设土星质量为 M ：

$$\frac{GMm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R, \text{ 解得 } M = \frac{4\pi^2 R^2}{GT^2}$$

带入计算可得： $M = \frac{4 \times 3.14^2 \times (1.2 \times 10^6 \times 10^3)^3}{6.67 \times 10^{-11} \times (16 \times 24 \times 3600)^2} \approx 5 \times 10^{26} kg$ ，故 B 正确，A、C、D 错误；

26.(2018·新课标 I 卷)(多选)2017 年，人类第一次直接探测到来自双中子星合并的引力波。根据科学家们复原的过程，在两颗中子星合并前约 100 s 时，它们相距约 400 km，绕二者连线上的某点每秒转动 12 圈，将两颗中子星都看作是质量均

匀分布的球体，由这些数据、万有引力常量并利用牛顿力学知识，可以估算出这一时刻两颗中子星

- A. 质量之积
- B. 质量之和
- C. 速率之和
- D. 各自的自转角速度

【答案】BC

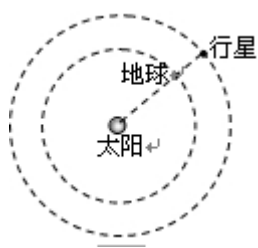
【解析】本题考查天体运动、万有引力定律、牛顿运动定律及其相关的知识点。

双中子星做匀速圆周运动的频率 $f=12\text{Hz}$ (周期 $T=1/12\text{s}$)，由万有引力等于向心力，可得， $G\frac{m_1m_2}{r^2}=m_1r_1(2\pi f)^2$ ， $G\frac{m_1m_2}{r^2}=m_2r_2(2\pi f)^2$ ， $r_1+r_2=r=40\text{km}$ ，联立解得：

$(m_1+m_2)=(2\pi f)^2Gr^3$ ，选项 B 正确 A 错误；由 $v_1=\omega r_1=2\pi f r_1$ ， $v_2=\omega r_2=2\pi f r_2$ ，联立解得： $v_1+v_2=2\pi f r$ ，选项 C 正确；不能得出各自自转的角速度，选项 D 错误。

【点睛】此题以最新科学发现为情景，考查天体运动、万有引力定律等。

27.(2011·重庆卷)某行星和地球绕太阳公转的轨道均可视为圆。每过 N 年，该行星会运行到日地连线的延长线上，如图所示。该行星与地球的公转半径比为



- A. $(\frac{N+1}{N})^{\frac{2}{3}}$
- B. $(\frac{N}{N-1})^{\frac{2}{3}}$
- C. $(\frac{N+1}{N})^{\frac{3}{2}}$
- D. $(\frac{N}{N-1})^{\frac{3}{2}}$

【答案】B

【解析】由图可知行星的轨道半径大周期长。每过 N 年，该行星会运行到日地连线的延长线上，说明从最初在日地连线的延长线上开始，每一年地球都在行星的前面比行星多转圆周的 N 分之一， N 年后地球转 N 圈，比行星多转 1 圈，即

行星转拉力 $N-1$ 圈从而再次在日地连线的延长线上。所行星的周期是 $\frac{N}{N-1}$ 年，

根据开普勒第三定律有 $\frac{r_{\text{地}}^3}{r_{\text{行}}^3} = \frac{T_{\text{地}}^2}{T_{\text{行}}^2}$ ，则答案是 B。

【考点定位】开普勒第三定律

28.(2014·浙江卷)长期以来“卡戎星(Charon)”被认为是冥王星唯一的卫星，它的公转轨道半径 $r_1=19600\text{km}$ ，公转周期 $T_1=6.39$ 天。2006 年 3 月，天文学家新发现两颗冥王星的小卫星，其中一颗的公转轨道半径 $r_2=48000\text{km}$ ，则它的公转周期 T_2 最接近于()

A.15 天 B.25 天 C.35 天 D.45 天

【答案】B

【解析】根据开普勒行星三定律的周期定律 $\frac{r_1^3}{r_2^3} = \frac{T_1^2}{T_2^2}$ ，代入数据可求 T_2 最接近

于 25 天，所以 B 选项正确；A、C、D 错误。

【考点定位】天体运动、开普勒定律

29.(2011·四川卷)据报道，天文学家近日发现了一颗距地球 40 光年的“超级地球”，名为“55Cancri e”，该行星绕母星(中心天体)运行的周期约为地球绕太阳运行周期的 $\frac{1}{480}$ ，母星的体积约为太阳的 60 倍。假设母星与太阳密度相同，“55 Cancri e”与地球均做匀速圆周运动，则“55 Cancri e”与地球的

A.轨道半径之比约为 $\sqrt[3]{\frac{60}{480}}$

B.轨道半径之比约为 $\sqrt[3]{\frac{60}{480^2}}$

C.向心加速度之比约为 $\sqrt[3]{60 \times 480^2}$

D.向心加速度之比约为

$\sqrt[3]{60 \times 480}$

【答案】B

【解析】根据牛顿第二定律和万有引力定律得 $m(\frac{2\pi}{T})^2 r = G \frac{m \times \rho V}{r^2}$ ，变形得

$$\frac{r^3}{VT^2} = \frac{\rho g}{4\pi^2}$$

轨道半径之比为 $(\frac{r_1}{r_2})^3 = \frac{V_1}{V_2} \times (\frac{T_1}{T_2})^2 = 60 \times \frac{1}{480^2}$ ，A 错误 B 正确；

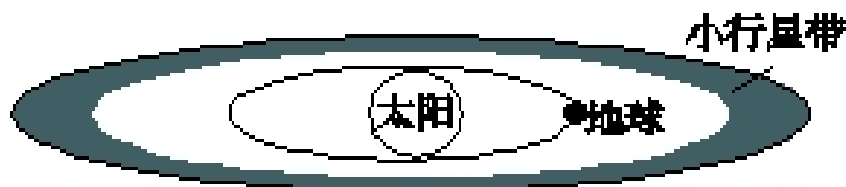
向心加速度 $a = G \frac{\rho V}{r^2}$ ，所以向心加速度之比约为

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{V_1}{V_2} \times (\frac{r_1}{r_2})^2 = 60 \times (\sqrt[3]{60 \times \frac{1}{480^2}})^2$$
，故 CD 错误。

【考点定位】牛顿第二定律和万有引力定律

30.(2012·浙江卷)如图所示，在火星与木星轨道之间有一小行星带.假设该带中的小行星

只受到太阳的引力，并绕太阳做匀速圆周运动.下列说法正确的是()



- A. 太阳对各小行星的引力相同
- B. 各小行星绕太阳运动的周期均小于一年
- C. 小行星带内侧小行星的向心加速度大于外侧小行星的向心加速度值
- D. 小行星带内各小行星圆周运动的线速度值大于地球公转的线速度值

【答案】C

【解析】由于各小行星的质量不同，所以太阳对各小行星的引力可能不同，故 A 错误；根据万有引力提供向心力得： $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ ， $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ ，离太阳越远，周期越大，所以各小行星绕太阳运动的周期大于地球的公转周期，故 B 错误；

根据万有引力提供向心力得 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$ ， $a=\frac{GM}{r^2}$ ，所以小行星带内侧小行星的

向心加速度大于外侧小行星的向心加速度值，故 C 正确；根据万有引力提供向

心力得 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$ ， $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ 所以小行星带内各小行星圆周运动的线速度值小

于地球公转的线速度值，故 D 错误。

【考点定位】本题考查万有引力定律及其相关知识

31.(2012·重庆卷·T18)冥王星与其附近的另一星体卡戎可视为双星系统，质量比约为 7：1，同时绕它们连线上某点 O 做匀速圆周运动.由此可知，冥王星绕 O 点运动的()

A.轨道半径约为卡戎的 $\frac{1}{7}$

B.角速度大小约为卡戎的 $\frac{1}{7}$

C.线速度大小约为卡戎的 7 倍

D.向心力大小约为卡戎的 7 倍

【答案】A

【解析】冥王星与其附近的另一星体卡戎可视为双星系统。所以冥王星和卡戎周期是相等的，角速度也是相等的。它们之间的万有引力提供各自的向心力得 $m\omega^2r=M\omega^2R$ ，质量比约为 7：1，所以冥王星绕 O 点运动的轨道半径约为卡戎的 $\frac{1}{7}$ ，故 A 正确；

冥王星和卡戎周期是相等的，角速度也是相等的，故 B 错误；

根据线速度 $v=\omega r$ 得冥王星线速度大小约为卡戎的 $\frac{1}{7}$ ，故 C 错误；

它们之间的万有引力提供各自的向心力，冥王星和卡戎向心力大小相等，故 D 错误。

【考点定位】本题考查双星问题及其相关知识

32.(2014·福建卷)若有一颗“宜居”行星，其质量为地球的 p 倍，半径为地球的 q 倍，则该行星卫星的环绕速度是地球卫星环绕速度的

- A. $\sqrt{pq}$ 倍 B. $\sqrt{\frac{q}{p}}$ 倍 C. $\sqrt{\frac{p}{q}}$ 倍 D. $\sqrt{pq^3}$ 倍

【答案】C

【解析】根据万有引力提供向心力 $G\frac{Mm}{R^2} = m\frac{v^2}{R}$ ，可得卫星的环绕速度 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

，故 $\frac{v_{\text{行卫}}}{v_{\text{地卫}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{行}}}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{R_{\text{地}}}{R_{\text{行}}}} = \sqrt{\frac{p}{q}}$ ，选项 C 正确。

【考点定位】本题考查天体运动

33.(2015·江苏卷·T3)过去几千年来，人类对行星的认识与研究仅限于太阳系内，行星“51 peg b”的发现拉开了研究太阳系外行星的序幕。“51 peg b”绕其中心恒星做匀速圆周运动，周期约为4天，轨道半径约为地球绕太阳运动半径为1/20，该中心恒星与太阳的质量比约为

- A.1/10 B.1 C.5 D.10

【答案】B

【解析】由题意知，根据万有引力提供向心力， $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$ ，可得恒星质量与太阳质量之比为 81:80，所以 B 正确。

【考点】天体运动

34.(2015·四川卷·T5)登上火星是人类的梦想，“嫦娥之父”欧阳自远透露：中国计划于 2020 年登陆火星。地球和火星公转视为匀速圆周运动，忽略行星自转影响。根据下表，火星和地球相比

行星	半径/m	质量/kg	轨道半径/m
地球	6.4×10^6	6.0×10^{24}	1.5×10^{11}
火星	3.4×10^6	6.4×10^{23}	2.3×10^{11}

- A.火星的公转周期较小 B.火星做圆周运动的加速度较小

C.火星表面的重力加速度较大

D.火星的第一宇宙速度较大

【答案】B

【解析】火星与地球都是绕太阳，由太阳对它们的万有引力提供其做圆周运动的向心力，设太阳的质量为 M ，即有：
$$\frac{GMm}{r^2} = ma_n = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r,$$

解得：
$$a_n = G\frac{M}{r^2} \propto \frac{1}{r^2}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}} \propto \sqrt{r^3},$$
由表格数据可知，火星轨道半径较大，因此向心加速度 a_n 较小，故选项 B 正确；

公转周期 T 较大，故选项 A 错误；

在表面处时，根据 $m'g = G\frac{mm'}{R^2}$ ，可得： $g \propto \frac{m}{R^2}$ 。即

$$\frac{g_{\text{火}}}{g_{\text{地}}} = \frac{m_{\text{火}}}{m_{\text{地}}} \cdot \left(\frac{R_{\text{地}}}{R_{\text{火}}}\right)^2 = \frac{6.4 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{24}} \times \frac{6.4^2 \times 10^{12}}{3.4^2 \times 10^{12}} < 1,$$
所以火星表面的重力加速度较小，

故选项 C 错误；

由第一宇宙速度公式 $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ 可知，
$$\frac{v_{1\text{火}}}{v_{1\text{地}}} = \sqrt{\frac{6.4 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{24}} \times \frac{6.4 \times 10^6}{3.4 \times 10^6}} < 1,$$
所以火星

的第一宇宙速度较小，故选项 D 错误。

【考点定位】万有引力定律的应用和分析数据、估算的能力。

35.(2015·北京卷·T16)假设地球和火星都绕太阳做匀速圆周运动，已知地球到太阳的距离小于火星到太阳的距离，那么

A.地球公转周期大于火星的公转周期

B.地球公转的线速度小于火星公转的线速度

C.地球公转的加速度小于火星公转的加速度

D.地球公转的角速度大于火星公转的角速度

【答案】D

【解析】两天体运动均为万有引力提供向心力，即

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = ma, \text{解得 } v = \sqrt{\frac{GM}{r}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}, \quad T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}},$$

$a = \frac{GM}{r^2}$. 因此，轨道半径越大、线速度 v 越小、角速度 ω 越小、周期 T 越大、

向心加速度 a 越小，而 $r_{\text{火}} > r_{\text{地}}$ ，可得选项 D 正确。

【考点定位】万有引力定律的应用。

【名师点睛】掌握万有引力定律求中心天体的质量和密度、环绕天体的线速度、角速度、周期、加速度(高轨低速大周期)；主要利用 $F_{\text{引}} = F_{\text{向}} = mg$ 。

36.(2013 福建卷·T13)设太阳质量为 M ，某行星绕太阳公转周期为 T ，轨道可视作为 r 的圆，已知万有引力常量为 G ，则描述该行星运动的上述物理量满足

$$\text{A. } GM = \frac{4\pi^2 r^3}{T^2} \quad \text{B. } GM = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$$

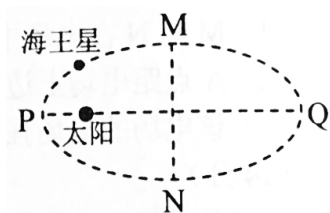
$$\text{C. } GM = \frac{4\pi^2 r^2}{T^3} \quad \text{D. } GM = \frac{4\pi r^3}{T^2}$$

【答案】A

【解析】：行星绕太阳做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，有

$$\frac{GMm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r, \text{ 所以 } GM = \frac{4\pi^2 r^3}{T^2}, \text{ 选项 A 正确。}$$

37.(2017·新课标 II 卷·T19)如图，海王星绕太阳沿椭圆轨道运动，P 为近日点，Q 为远日点，M、N 为轨道短轴的两个端点，运行的周期为 T_0 。若只考虑海王星和太阳之间的相互作用，则海王星在从 P 经过 M、Q 到 N 的运动过程中



- A.从 P 到 M 所用的时间等于 $T_0/4$
- B.从 Q 到 N 阶段，机械能逐渐变大
- C.从 P 到 Q 阶段，速率逐渐变小
- D.从 M 到 N 阶段，万有引力对它先做负功后做正功

【答案】CD

【解析】从 P 到 Q 的时间为 $\frac{1}{2}T_0$ ，根据开普勒行星运动第二定律可知，从 P 到 M 运动的速率大于 M 到 Q 运动的速率，可知 P 到 M 所用时间小于 $\frac{1}{4}T_0$ ，选项 A 错误；

海王星在运动过程中只受太阳的引力作用，故机械能守恒，选项 B 错误；

根据开普勒行星运动第二定律可知，从 P 到 Q 阶段，速率逐渐变小，选项 C 正确；

从 M 到 N 阶段，万有引力对它先做负功后做正功，选项 D 正确；故选 CD。

【考点定位】开普勒行星运动定律；机械能守恒的条件

【名师点睛】此题主要考查学生对开普勒行星运动定律的理解，关键是知道离太阳越近的位置行星运动的速率越大；远离太阳运动时，引力做负功，动能减小，引力势能增加，机械能不变。

38.(2014·新课标全国卷 I)太阳系个行星几乎在同一平面内沿同一方向绕太阳做圆周运动，当地球恰好运行到某个行星和太阳之间，且三者几乎成一条直线的现象，天文学成为“行星冲日”据报道，2014 年各行星冲日时间分别是：1 月 6 日，木星冲日，4 月 9 日火星冲日，6 月 11 日土星冲日，8 月 29 日，海王星冲日，10 月 8 日，天王星冲日，已知地球轨道以外的行星绕太阳运动的轨道半径如下表所示，则下列判断正确的是

	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星
--	----	----	----	----	-----	-----

轨道半径(AU)	1.0	1.5	5.2	9.5	19	30
----------	-----	-----	-----	-----	----	----

- A.各点外行星每年都会出现冲日现象
- B.在 2015 年内一定会出现木星冲日
- C.天王星相邻两次的冲日的时间是土星的一半
- D.地外行星中海王星相邻两次冲日间隔时间最短

【答案】BD

【解析】试题分析：相邻两次行星冲日的时间间隔就是地球比该行星多运动一周

的时间，根据开普勒第三定律可得根据万有引力提供向心力 $\frac{GMm}{R^2} = mR\frac{4\pi^2}{T^2}$ ，周

$$期 T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}}, \text{ 相邻两次行星冲日的时间间隔 } t = \frac{2\pi}{\frac{2\pi}{T_{\text{地}}} - \frac{2\pi}{T_{\text{行}}}} = \frac{T_{\text{地}} T_{\text{行}}}{T_{\text{行}} - T_{\text{地}}} = \frac{T_{\text{地}}}{1 - \frac{T_{\text{地}}}{T_{\text{行}}}} > T_{\text{地}}$$

，即相邻两次行星冲日的时间间隔大于 1 年，所以选项 A 错，根据木星轨道半径是地球的 5.2 倍，木星周期大于 11 年，小于 12 年，所以木星冲日的时间间隔大于 $\frac{12}{11}$ 年小于 1.1 年，由于今年的冲日时间是 1 月 6 日，所以下次木星冲日在 2015

年，选项 B 对。由于木星相邻两次冲日的时间间隔的一半还不到一年，而所有行星冲日的相邻间隔都超过 1 年，所以天王星相邻两次的冲日的时间不可能是土星的一半，选项 C 错。根据海王星的轨道半径最大，周期最大，根据相邻两次

冲日的时间间隔 $t = \frac{2\pi}{\frac{2\pi}{T_{\text{地}}} - \frac{2\pi}{T_{\text{行}}}} = \frac{T_{\text{地}} T_{\text{行}}}{T_{\text{行}} - T_{\text{地}}} = \frac{T_{\text{地}}}{1 - \frac{T_{\text{地}}}{T_{\text{行}}}}$ 可判断海王星的时间间隔最短，选

项 D 对。

【考点定位】万有引力与航天

39.(2018·江苏卷·T1)我国高分系列卫星的高分辨对地观察能力不断提高.今年 5 月 9 日发射的“高分五号”轨道高度约为 705km，之前已运行的“高分四号”轨道高度约为 36000km，它们都绕地球做圆周运动.与“高分四号”相比，下列物理量中“高分五号”较小的是

- A. 周期
- B. 角速度
- C. 线速度
- D. 向心加速度

【答案】A

【解析】本题考查人造卫星运动特点，意在考查考生的推理能力。设地球质量为 M ，人造卫星质量为 m ，人造卫星做匀速圆周运动时，根据万有引力提供向心力有

$$G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r = ma, \text{ 得 } v = \sqrt{\frac{GM}{r}}, \omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}, T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}, a = \frac{GM}{r^2}, \text{ 因为“高分”}$$

四号”的轨道半径比“高分五号”的轨道半径大，所以选项 A 正确，BCD 错误。

点睛：本题考查人造卫星运动特点，解题时要注意两类轨道问题分析方法：一类是圆形轨道问题，利用万有引力提供向心力，即 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r = ma$ 求解；一类是椭圆形轨道问题，利用开普勒定律求解。

40.(2018·天津卷)(多选)2018 年 2 月 2 日，我国成功将电磁监测试验卫星“张衡一号”发射升空，标志我国成为世界上少数拥有在轨运行高精度地球物理场探测卫星的国家之一。通过观测可以得到卫星绕地球运动的周期，并已知地球的半径和地球表面的重力加速度。若将卫星绕地球的运动看作是匀速圆周运动，且不考虑地球自转的影响，根据以上数据可以计算出卫星的



- A. 密度
- B. 向心力的大小
- C. 离地高度
- D. 线速度的大小

【答案】CD

【解析】根据题意，已知卫星运动的周期 T ，地球的半径 R ，地球表面的重力加速度 g ，卫星受到的万有引力充当向心力，故有 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$ ，卫星的质量被抵消，则不能计算卫星的密度，更不能计算卫星的向心力大小，AB 错误。由 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$ 解得 $r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$ ，而 $r = R + h$ ，故可计算卫星距离地球表面的高度，C 正确；根据公式 $v = \frac{2\pi r}{T}$ ，轨道半径可以求出，周期已知，故可以计算出卫星绕地球运动的线速度，D 正确；

【点睛】解决本题的关键掌握万有引力定律的两个重要理论：1、万有引力等于重力(忽略自转)，2、万有引力提供向心力，并能灵活运用。

41.(2011·福建卷)“嫦娥二号”是我国月球探测第二期工程的先导星。若测得“嫦娥二号”在月球(可视为密度均匀的球体)表面附近圆形轨道运行的周期 T ，已知引力常数 G ，半径为 R 的球体体积公式 $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ ，则可估算月球的()

A.密度 B.质量 C.半径 D.自转周期

【答案】A

【解析】此题考查万有引力定律、牛顿第二定律、密度和卫星运行等知识点。

“嫦娥二号”在月球(可视为密度均匀的球体)表面附近圆形轨道运行，其轨道半径可视为等于月球半径，由 $\frac{GMm}{R^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2 R$ ，月球质量 $M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$ ，由于月球半径 R 未知，不能估算月球质量，选项 BCD 错误。也不能由题中信息得到月球半径和自转周期。由密度公式， $\rho = \frac{M}{V}$ 得月球密度 $\rho = \frac{3\pi}{GT^2}$ ，选项 A 正确。

【考点定位】万有引力定律

42.(2017·新课标Ⅲ卷·T14)2017 年 4 月，我国成功发射的天舟一号货运飞船与天宫二号空间实验室完成了首次交会对接，对接形成的组合体仍沿天宫二号原来的轨道(可视为圆轨道)运行。与天宫二号单独运行时相比，组合体运行的

A.周期变大

B.速率变大

C.动能变大

D.向心加速度变大

【答案】C

【解析】根据万有引力提供向心力有 $\frac{GMm}{r^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2 r = \frac{mv^2}{r} = ma$ ，可得周期

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{GM}{r^3}}, \text{ 速率 } v = \sqrt{\frac{GM}{R}}, \text{ 向心加速度 } a = \frac{GM}{r^2} \text{ 对接前后, 轨道半径不变,}$$

则周期、速率、向心加速度均不变, 质量变大, 则动能变大, C 正确, ABD 错误。

【考点定位】万有引力定律的应用、动能

【名师点睛】万有引力与航天试题, 涉及的公式和物理量非常多, 理解万有引力

提供做圆周运动的向心力, 适当选用公式 $\frac{GMm}{r^2} = m\omega^2 r = m(\frac{2\pi}{T})^2 r = \frac{mv^2}{r} = ma$,

是解题的关键。要知道周期、线速度、角速度、向心加速度只与轨道半径有关, 但动能还与卫星的质量有关。

43.(2011·全国卷)我国“嫦娥一号”探月卫星发射后, 先在“24 小时轨道”上绕地球运行(即绕地球一圈需要 24 小时); 然后, 经过两次变轨依次到达“48 小时轨道”和“72 小时轨道”; 最后奔向月球。如果按圆形轨道计算, 并忽略卫星质量的变化, 则在每次变轨完成后与变轨前相比

A.卫星动能增大, 引力势能减小

B.卫星动能增大, 引力势能增大

C.卫星动能减小, 引力势能减小

D.卫星动能减小, 引力势能增大

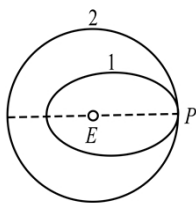
【答案】D

【解析】由 $G\frac{Mm}{r^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$ 得: $r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$, 周期变长, 轨道半径 r 变大, 又

由 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$ 得: $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, 轨道半径 r 变大, 速度减小, 动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 减小; 轨道半径 r 变大, 引力做负功, 引力势能增大, D 正确。

【考点定位】万有引力定律

44.(2016·北京卷)如图所示, 一颗人造卫星原来在椭圆轨道 1 绕地球 E 运行, 在 P 点变轨后进入轨道 2 做匀速圆周运动。下列说法正确的是



- A. 不论在轨道 1 还是轨道 2 运行, 卫星在 P 点的速度都相同
- B. 不论在轨道 1 还是轨道 2 运行, 卫星在 P 点的加速度都相同
- C. 卫星在轨道 1 的任何位置都具有相同加速度
- D. 卫星在轨道 2 的任何位置都具有相同动量

【答案】B

【解析】从轨道 1 变轨到轨道 2, 需要加速逃逸, 故 A 错误; 根据公式 $G\frac{Mm}{R^2} = ma$ 可得 $a = G\frac{M}{R^2}$, 故只要半径相同, 加速度就相同, 由于卫星在轨道 1 做椭圆运动, 运动半径在变化, 所以运动过程中的加速度在变化, B 正确, C 错误; 卫星在轨道 2 做匀速圆周运动, 运动过程中的速度方向时刻在变, 所以动量方向不同, D 错误。

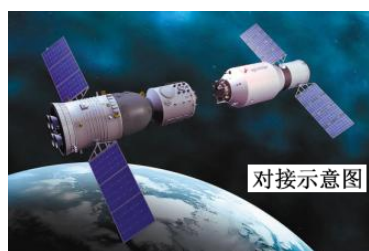
【考点定位】考查了万有引力定律的应用

【方法技巧】在万有引力这一块, 涉及的公式和物理量非常多, 掌握公式

$G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m\frac{4\pi^2 r}{T^2} = ma$, 在做题的时候, 首先明确过程中的向心力

，然后弄清楚各个物理量表示的含义，最后选择合适的公式分析解题，另外这一块的计算量非常大的，所以需要细心计算。

45.(2016·天津卷)我国即将发射“天宫二号”空间实验室，之后发生“神舟十一号”飞船与“天宫二号”对接。假设“天宫二号”与“神舟十一号”都围绕地球做匀速圆周运动，为了实现飞船与空间实验室的对接，下列措施可行的是



- A.使飞船与空间实验室在同一轨道上运行，然后飞船加速追上空间实验室实现对接
- B.使飞船与空间实验室在同一轨道上运行，然后空间实验室减速等待飞船实现对接
- C.飞船先在比空间实验室半径小的轨道上加速，加速后飞船逐渐靠近空间实验室，两者速度接近时实现对接
- D.飞船先在比空间实验室半径小的轨道上减速，减速后飞船逐渐靠近空间实验室，两者速度接近时实现对接

【答案】C

【解析】若使飞船与空间实验室在同一轨道上运行，飞船加速会进入较高的轨道，空间实验室减速会进入较低的轨道，都不能实现对接，选项 AB 错误，要想实现对接，可使飞船在比空间实验室半径较小的轨道上加速，然后飞船将进入较高的空间实验室轨道，逐渐靠近空间站后，两者速度接近时实现对接，选项 C 正确，选项 D 错误。

【考点定位】变轨问题

【名师点睛】此题考查了卫星的变轨问题；关键是知道卫星在原轨道上加速时，卫星所受的万有引力不足以提供向心力而做离心运动，卫星将进入较高轨道；同理如果卫星速度减小，卫星将做近心运动而进入较低轨道。

46.(2012·安徽卷)我国发身的“天宫一号”和“神州八号”在对接前，“天宫一号”的运行轨道高度为 350km，“神州八号”的运行轨道高度为 343km.它们的运行轨道均视为圆周，则

- A.“天宫一号”比“神州八号”速度大
- B.“天宫一号”比“神州八号”周期长
- C.“天宫一号”比“神州八号”角速度大
- D.“天宫一号”比“神州八号”加速度大

【答案】B

【解析】由万有引力等于向心力可得出轨道半径越大，速度越小，角速度越小，周期越大，选项 B 正确 AC 错误；由 $G\frac{Mm}{R^2} = ma$ 可知，“天宫一号”比“神州八号”加速度小，选项 D 错误。

【考点定位】此题考查万有引力定律和卫星的运动。

47.(2012·山东卷)2011 年 11 月 3 日，“神州八号”飞船与“天宫一号”目标飞行器成功实施了首次交会对接。任务完成后“天宫一号”经变轨升到更高的轨道，等待与“神州九号”交会对接。变轨前和变轨完成后“天宫一号”的运行轨道均可视为圆轨道，对应的轨道半径分别为 R_1 、 R_2 ，线速度大小分别为 v_1 、 v_2 。则 $\frac{v_1}{v_2}$ 等于

- A. $\sqrt{\frac{R_1^3}{R_2^3}}$
- B. $\sqrt{\frac{R_2}{R_1}}$
- C. $\frac{R_2^2}{R_1^2}$
- D. $\frac{R_2}{R_1}$

【答案】B

【解析】“神舟八号”飞船与“天宫一号”绕地球做匀速圆周运动，靠万有引力提供

向心力： $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}$ 得： $v=\sqrt{\frac{GM}{R}}$ ，故 $\frac{v_1}{v_2}=\sqrt{\frac{R_2}{R_1}}$ 。故 B 正确、ACD 错误。

【考点定位】本题考查万有引力定律及其卫星的运动相关知识

48.(2012·天津卷)一人造地球卫星绕地球做匀速圆周运动，假如该卫星变轨后仍做匀速圆周运动，动能减小为原来的 $\frac{1}{4}$ ，不考虑卫星质量的变化，则变轨前后卫星的

- A.向心加速度大小之比为 4: 1
- B.角速度大小之比为 2: 1 C.周期之比为 1: 8
- D.轨道半径之比为 1: 2

【答案】C

【解析】根据向心加速度表达式 $a=\frac{mv^2}{R}$ 知在动能减小时势能增大，地球卫星的轨道半径增大，则向心加速度之比大于 4；根据万有引力和牛顿第二定律有

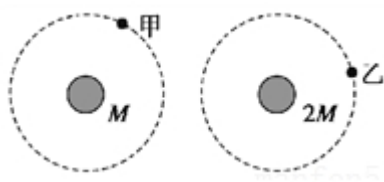
$m\frac{v^2}{R}=G\frac{Mm}{R^2}$ 化简为 $Rv^2=GM$ ，知在动能减小速度减小则轨道半径增大到原来

的 4 倍；同理有 $m(\frac{2\pi}{T})^2 R=G\frac{Mm}{R^2}$ 化简为 $\frac{R^3}{T^2}=\frac{GM}{4\pi^2}$ ，则周期的平方增大到 8 倍；

根据角速度关系式 $\omega=\frac{2\pi}{T}$ ，角速度减小为 $\frac{1}{8}$ 。答案 C。

【考点定位】本题考查圆周运动、万有引力及其相关知识

49.(2013·广东卷)如图所示，甲、乙两颗卫星以相同的轨道半径分别绕质量为 M 和 2M 的行星做匀速圆周运动，下列说法正确的是



A.甲的向心加速度比乙的小

B.甲的运行周期比乙的小

C.甲的角速度比乙的大

D.甲的线速度比乙的大

【答案】A

【解析】由万有引力提供向心力， $G\frac{Mm}{r^2} = ma = mr(\frac{2\pi}{T})^2 = m\frac{v^2}{r} = mr\omega^2$ ，可得

$a = \frac{GM}{r^2}$ ， $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ ， $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ ， $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，可见，当卫星做圆周运动的轨道半径相同时，中心天体的质量越大，卫星的向心加速度、角速度和线速度越大，周期越小，因此只有 A 正确。

【考点定位】万有引力定律、匀速圆周运动、牛顿第二定律。

50.(2013·安徽卷)质量为 m 的人造地球卫星与地心的距离为 r 时，引力势能可表示为 $E_p = -\frac{GMm}{r}$ ，其中 G 为引力常量， M 为地球质量。该卫星原来的在半径为 R_1 的轨道上绕地球做匀速圆周运动，由于受到极稀薄空气的摩擦作用，飞行一段时间后其圆周运动的半径变为 R_2 ，此过程中因摩擦而产生的热量为

A. $GMm\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)$ B. $GMm\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

C. $\frac{GMm}{2}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)$ D. $\frac{GMm}{2}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

【答案】C

【解析】卫星做匀速圆周运动，万有引力提供向心力， $\frac{GMm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$ ，可得质量为 m 的人造地球卫星与地心的距离为 r 时的动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{2r}$ ，结合题意，此时卫星的机械能 $E = E_k + E_p = -\frac{GMm}{2r}$ ；根据能量守恒定律，该卫星因摩擦而产生的热量等于卫星损失的机械能，所以

$Q = E_1 - E_2 = -\frac{GMm}{2R_1} - \left(-\frac{GMm}{2R_2}\right) = \frac{GMm}{2}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)$ ，选项 C 正确。

【考点定位】能量守恒定律、万有引力定律。

51.(2014·江苏卷·T2)已知地球的质量约为火星质量的 10 倍，地球的半径约为火星半径的 2 倍，则航天器在火星表面附近绕火星做匀速圆周运动的速率约为

A.3.5km/s B.5.0km/s C.17.7km/s D.35.2km/s

【答案】A、

【解析】航天器在星球表面飞行的速度即其第一宇宙速度 $\frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$ 解得

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

所以 $\frac{v_{\text{火}}}{v_{\text{地}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{火}}R_{\text{地}}}{M_{\text{地}}R_{\text{火}}}} = \sqrt{\frac{1}{5}}$, $v_{\text{火}} = \sqrt{\frac{1}{5}}v_{\text{地}} = \sqrt{\frac{1}{5}} \cdot 7.9\text{km/s} \approx 3.5\text{km/s}$, A 项正确。

【考点定位】万有引力定律

52.(2014·山东卷)2013 年我国相继完成“神十”与“天宫”对接、“嫦娥”携“玉兔”落月两大航天工程。某航天爱好者提出“玉兔”回家的设想：如图，将携带“玉兔”的返回系统由月球表面发射到 h 高度的轨道上，与在该轨道绕月球做圆周运动的飞船对接，然后由飞船送“玉兔”返回地球。设“玉兔”质量为 m ，月球半径为 R ，月面的重力加速度为 $g_{\text{月}}$ 。以月面为零势能面，“玉兔”在 h 高度的引力势能可表示为

$$E_p = \frac{GMmh}{R(R+h)}, \text{ 其中 } G \text{ 为引力常量, } M \text{ 为月球质量。若忽略月球的自转, 从开始发射到对接完成需要对“玉兔”做的功为}$$



$$A. \frac{mg_{\text{月}}R}{(R+h)}(h+2R) \quad B. \frac{mg_{\text{月}}R}{(R+h)}(h+\sqrt{2}R)$$

$$C. \frac{mg_{\text{月}}R}{(R+h)}(h+\frac{\sqrt{2}}{2}R) \quad D. \frac{mg_{\text{月}}R}{(R+h)}(h+\frac{1}{2}R)$$

【答案】D

【解析】在月球表面上， $\frac{GMm}{R^2} = mg_{\text{月}}$ ，而在距离月球表面 h 高处时，

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

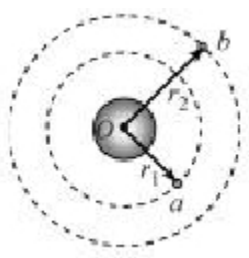
在高 h 处玉兔的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{2(R+h)} = \frac{mg_{\text{月}}R^2}{2(R+h)}$ ，而将玉兔发送到该处时，

对它做的功应等于它在该处的机械能，即对它做的功为 $W = E_k + E_p =$

$$\frac{mg_{\text{月}}R}{(R+h)}(h+\frac{1}{2}R)，因此 D 正确，ABC 错误。$$

【考点定位】万有引力与航天，机械能守恒及其应用

53.(2015·福建卷·T14)如图，若两颗人造卫星 a 和 b 均绕地球做匀速圆周运动，a、b 到地心 O 的距离分别为 r_1 、 r_2 ，线速度大小分别为 v_1 、 v_2 。则()



$$A. \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$$

$$B. \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}}$$

$$C. \frac{v_1}{v_2} = (\frac{r_2}{r_1})^2$$

$$D. \frac{v_1}{v_2} = (\frac{r_1}{r_2})^2$$

【答案】A

【解析】由题意知，两颗人造卫星绕地球做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，根据 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$ ，得： $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，所以 $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$ ，故 A 正确，B、C、D 错误。

【考点定位】万有引力定律

54.(2017·江苏卷)“天舟一号”货运飞船于 2017 年 4 月 20 日在文昌航天发射中心成功发射升空，与天宫二号”空间实验室对接前，“天舟一号”在距离地面约 380 km 的圆轨道上飞行，则其

- (A)角速度小于地球自转角速度
- (B)线速度小于第一宇宙速度
- (C)周期小于地球自转周期
- (D)向心加速度小于地面的重力加速度

【答案】BCD

【解析】根据 $G\frac{Mm}{r^2} = mr\omega^2 = ma$ 知，“天舟一号”的角速度大于同步卫星的角速度，而同步卫星的角速度等于地球自转的角速度，所以“天舟一号”的角速度大于地球自转角的速度，周期小于地球自转的周期，故 A 错误；C 正确；第一宇宙速度为最大的环绕速度，所以“天舟一号”的线速度小于第一宇宙速度，B 正确；地面重力加速度为 $g = \frac{GM}{R^2}$ ，故“天舟一号”的向心加速度 a 小于地面的重力加速度 g，故 D 正确。

【考点定位】天体运动

【名师点睛】卫星绕地球做圆周运动，考查万有引力提供向心力.与地球自转角速度、周期的比较，要借助同步卫星，天舟一号与同步卫星有相同的规律，而同步卫星与地球自转的角速度相同。

55.(2011·天津卷)质量为 m 的探月航天器在接近月球表面的轨道上飞行，其运动视为匀速圆周运动。已知月球质量为 M ，月球半径为 R ，月球表面重力加速度为 g ，引力常量为 G ，不考虑月球自转的影响，则航天器的

- A.线速度 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ B.角速度 $\omega = \sqrt{gR}$
- C.运行周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ D.向心加速度 $a = \frac{GM}{R^2}$

【答案】AC

【解析】根据万有引力提供卫星做圆周运动的向心力和万有引力等于重力得出：

$$\frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{R}}, \text{ 故 A 正确; } mg = m\omega^2 R \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{R}}, \text{ 故 B 错误;}$$

$$mg = m\frac{4\pi^2}{T^2}R \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}, \text{ 故 C 正确; } \frac{GMm}{R^2} = ma \Rightarrow a = \frac{GM}{R^2}, \text{ 故 D 错误。}$$

【考点定位】万有引力定律

56.(2012·广东卷)如图 6 所示，飞船从轨道 1 变轨至轨道 2。若飞船在两轨道上都做匀速圆周运动，不考虑质量变化，相对于在轨道 1 上，飞船在轨道 2 上的



图 6

- A.动能大 B.向心加速度大 C.运行周期长 D.角速度小

【答案】CD

【解析】根据 $G\frac{Mm}{R^2} = ma$, $G\frac{Mm}{R^2} = m\frac{v^2}{R}$, $G\frac{Mm}{R^2} = m\omega^2 R$, $G\frac{Mm}{R^2} = m\frac{4\pi^2 R}{T^2}$ 得,

$$a = \frac{GM}{R^2},$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$$

由这些关系可以看出, r 越大, a 、 v 、 ω 越小, 而 T 越大, 故 A、B 错误, C、D 正确。

【考点定位】本题考查了万有引力定律的应用

57.(2012·江苏卷)2011 年8 月,“嫦娥二号”成功进入了环绕“日地拉格朗日点”的轨道,我国成为世界上第三个造访该点的国家. 如图所示,该拉格朗日点位于太阳和地球连线的延长线上,一飞行器处于该点,在几乎不消耗燃料的情况下与地球同步绕太阳做圆周运动,则此飞行器的



- A.线速度大于地球的线速度
- B.向心加速度大于地球的向心加速度
- C.向心力仅由太阳的引力提供
- D.向心力仅由地球的引力提供

【答案】AB

【解析】因为角速度相同,飞行器的半径大,所以线速度大, A 正确。向心加速度 $a = \omega^2 \times R$, 飞行器的半径大,所以加速度大, B 正确。项仅由地球或太阳提供向心力无法完成此运动,应该是两者合力提供向心力,所以 CD 错误。

【考点定位】本题考查及其相关知识

58.(2013 新课标全国卷 I)2012 年 6 月 18 日, 神州九号飞船与天宫一号目标飞行器在离地面 343km 的近圆轨道上成功进行了我国首次载人空间交会对接。对接轨道所处的空间存在极其稀薄的大气, 下面说法正确的是

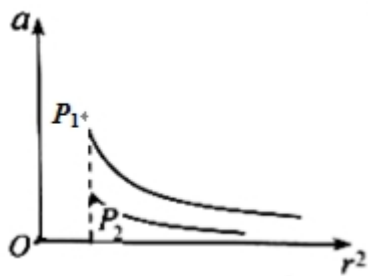
- A.为实现对接, 两者运行速度的大小都应介于第一宇宙速度和第二宇宙速度之间
- B.如不加干预, 在运行一段时间后, 天宫一号的动能可能会增加
- C.如不加干预, 天宫一号的轨道高度将缓慢降低
- D.航天员在天宫一号中处于失重状态, 说明航天员不受地球引力作用

【答案】BC

【解析】又第一宇宙速度为最大环绕速度, 天宫一号的线速度一定小于第一宇宙速度.故 A 错误; 根据万有引力提供向心力有: $\frac{GMm}{r^2} = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, 得轨道高度降低, 卫星的线速度增大, 故动能将增大, 所以 B 正确; 卫星本来满足万有引力提供向心力即 $\frac{GMm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$, 由于摩擦阻力作用卫星的线速度减小, 提供的引力大于卫星所需要的向心力故卫星将做近心运动, 即轨道半径将减小, 故 C 正确; 失重状态说明航天员对悬绳或支持物体的压力为 0, 而地球对他的万有引力提供他随天宫一号围绕地球做圆周运动的向心力, 所以 D 错误, 故选 BC.

【考点定位】万有引力定律、匀速圆周运动、失重和超重.

59.(2015·天津卷·T8) P_1 、 P_2 为相距遥远的两颗行星, 距各自表面相同高度处各有一颗卫星 s_1 、 s_2 做匀速圆周运动, 图中纵坐标表示行星对周围空间各处物体的引力产生的加速度 a , 横坐标表示物体到行星中心的距离 r 的平方, 两条曲线分别表示 P_1 、 P_2 周围的 a 与 r^2 的反比关系, 它们左端点横坐标相同, 则



- A. P_1 的平均密度比 P_2 的大
- B. P_1 的第一宇宙速度比 P_2 的小
- C. s_1 的向心加速度比 s_2 的大
- D. s_1 的公转周期比 s_2 的大

【答案】AC

【解析】由图可知，两行星的球体半径相同，对行星周围空间各处物体来说，万有引力提供加速度，故有 $\frac{GMm}{r^2} = ma$ ，故可知 P_1 的质量比 P_2 的大，即 P_1 的平均密度比 P_2 的大，所以选项 A 正确；

由图可知， P_1 表面的重力加速比 P_2 的大，由 $v = \sqrt{g'r}$ 可知， P_1 的第一宇宙速度比 P_2 的大，所以选项 B 错误；

对卫星而言，万有引力提供向心加速度，即 $a = \frac{GM}{r^2}$ ，故可知， s_1 的向心加速度比 s_2 的大，所以选项 C 正确；

根据 $\frac{GMm}{r^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$ 可知， s_1 的公转周期比 s_2 的小，所以选项 D 错误，

【考点定位】天体与万有引力定律

60.(2015·全国新课标 I 卷·T21)我国发射的“嫦娥三号”登月探测器靠近月球后，先在月球表面附近的近似圆轨道上绕月运行；然后经过一系列过程，在离月面 4m 高处做一次悬停(可认为是相对于月球静止)；最后关闭发动机，探测器自由下落。已知探测器的质量约为 $1.3 \times 10^9 \text{kg}$ ，地球质量约为月球的 81 倍，地球半径为月球的 3.7 倍，地球表面的重力加速度大小约为 9.8m/s^2 。则次探测器

- A.在着陆前瞬间，速度大小约为 8.9m/s
- B.悬停时受到的反冲作用力约为 $2 \times 10^3 \text{N}$
- C.从离开近月圆轨道到着陆这段时间内，机械能守恒
- D.在近月圆轨道上运行的线速度小于人造卫星在近地圆轨道上运行的线速度

【答案】BD

【解析】星球表面万有引力提供重力即 $\frac{GMm}{R^2} = mg$ ，重力加速度 $g = \frac{GM}{R^2}$ ，地球表面 $g = \frac{GM}{R^2} = 9.8 \text{m/s}^2$ ，则月球表面 $g' = \frac{G \frac{1}{81} M}{(\frac{1}{3.7} R)^2} = \frac{3.7 \times 3.7}{81} \times \frac{GM}{R^2} = \frac{1}{6} g$ ，则探测器重力 $G = mg' = 1300 \text{kg} \times \frac{1}{6} \times 9.8 \text{N/kg} \approx 2000 \text{N}$ ，选项 B 对，探测器自由落体，末速度 $v = \sqrt{2g'h} \approx \sqrt{\frac{4}{3} \times 9.8} \neq 8.9$ ，选项 A 错。关闭发动机后，仅在月球引力作用下机械能守恒，而离开近月轨道后还有制动悬停，所以机械能不守恒，选项 C 错。近月轨道即万有引力提供向心力 $v = \sqrt{\frac{G \frac{1}{81} M}{\frac{1}{3.7} R}} = \sqrt{\frac{3.7 GM}{81 R}} < \sqrt{\frac{GM}{R}}$ ，小于近地卫星线速度，选项 D 对。

【考点定位】万有引力与航天

61.(2011·北京卷)由于通讯和广播等方面的需要，许多国家发射了地球同步轨道卫星，这些卫星的

- A.质量可以不同 B.轨道半径可以不同
- C.轨道平面可以不同 D.速率可以不同

【答案】A

【解析】地球同步轨道卫星轨道必须在赤道平面内，离地球高度相同的同一轨道上，角速度、线速度、周期一定，与卫星的质量无关。A 正确，B、C、D 错误。

【考点定位】同步卫星

62.(2012·北京卷·T18)关于环绕地球卫星的运动，下列说法正确的是

- A.分别沿圆轨道和椭圆轨道运行的两颗卫星，不可能具有相同的周期
- B.沿椭圆轨道运行的一颗卫星，在轨道不同位置可能具有相同的速率
- C.在赤道上空运行的两颗地球同步卫星，它们的轨道半径有可能不同
- D.沿不同轨道经过北京上空的卫星，它们的轨道平面一定会重合

【答案】B

【解析】分别沿圆轨道和椭圆轨道运行的两颗卫星，可能具有相同的周期，故 A 错误；

沿椭圆轨道运行的一颗卫星，在轨道对称的不同位置具有相同的速率，故 B 正确；

根据万有引力提供向心力，列出等式： $\frac{GMm}{(R+h)^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2(R+h)$ ，其中， R 为地球

半径， h 为同步卫星离地面的高度。由于同步卫星的周期必须与地球自转周期相同，所以 T 为一定值，根据上面等式得出：同步卫星离地面的高度 h 也为一定值，故 C 错误；

沿不同轨道经过北京上空的卫星，它们的轨道平面不一定重合，但圆心都在地心，故 D 错误。故选 B。

【考点定位】万有引力定律

63.(2016·四川卷)国务院批复，自 2016 年起将 4 月 24 日设立为“中国航天日”。1970 年 4 月 24 日我国首次成功发射的人造卫星东方红一号，目前仍然在椭圆轨道上运行，其轨道近地点高度约为 440 km，远地点高度约为 2 060 km；1984 年 4 月 8 日成功发射的东方红二号卫星运行在赤道上空 35 786 km 的地球同步轨道上。设东方红一号在远地点的加速度为 a_1 ，东方红二号的加速度为 a_2 ，固定在地球赤道

上的物体随地球自转的加速度为 a_3 ，则 a_1 、 a_2 、 a_3 的大小关系为



A. $a_2 > a_1 > a_3$

B. $a_3 > a_2 > a_1$

C. $a_3 > a_1 > a_2$

D. $a_1 > a_2 > a_3$

【答案】D

【解析】东方红二号和固定在地球赤道上的物体转动的角速度相同，根据 $a = \omega^2 r$ 可知， $a_2 > a_3$ ；根据 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$ 可知 $a_1 > a_2$ ；故选 D。

考点：同步卫星；万有引力定律的应用

【名师点睛】此题主要考查同步卫星的特点及万有引力定律的应用；要知道同步卫星与地球具有相同的角速度和周期；这里放到赤道上的物体和卫星两者受力情况是不同的，要区别对待，不能混淆。

64.(2016·全国新课标 I 卷)利用三颗位置适当的地球同步卫星，可使地球赤道上任意两点之间保持无线电通讯，目前，地球同步卫星的轨道半径为地球半径的 6.6 倍，假设地球的自转周期变小，若仍仅用三颗同步卫星来实现上述目的，则地球自转周期的最小值约为

A. 1h

B. 4h

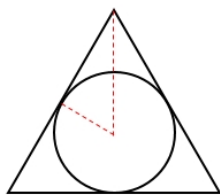
C. 8h

D. 16h

【答案】B

【解析】设地球的半径为 R ，周期 $T = 24\text{h}$ ，地球自转周期的最小值时，三颗同步卫星的位置如图所示，所以此时同步卫星的半径 $r_1 = 2R$ ，由开普勒第三定律得：

$$\frac{r^3}{T^2} = k, \text{ 可得 } T_1 = T \sqrt{\frac{(2R)^3}{(6.6R)^3}} \approx 4\text{h}, \text{ 故 A、C、D 错误，B 正确。}$$



【考点定位】万有引力定律、开普勒第三定律、同步卫星

【名师点睛】本题主要考查万有引力定律、开普勒第三定律、同步卫星。重点是掌握同步卫星的特点，知道同步卫星的周期等于地球的自转周期。本题关键是要知道地球自转周期最小时，三个同步卫星的位置。

65.(2011·全国新课标卷·T19)卫星电话信号需要通过地球同步卫星传送。如果你与同学在地面上用卫星电话通话，则从你发出信号至对方接收到信号所需最短时间最接近于(可能用到的数据：月球绕地球运动的轨道半径约为 $3.8 \times 10^5 \text{ km}$)

A.0.1s B.0.25s C.0.5s D.1s

【答案】B

解析：主要考查开普勒第三定律。月球、地球同步卫星绕地球做匀速圆周运动，

根据开普勒第三定律有 $\frac{r_2^3}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{T_1^2}$ 解得 $r_2 = r_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2^2}{T_1^2}}$ ，代入数据求得 $r_2 = 4.2 \times 10^7$

m.如图所示，发出信号至对方接收到信号所需最短时间为 $t = \frac{s}{v} = \frac{2\sqrt{R^2 + r_2^2}}{C}$ ，代

入数据求得 $t = 0.28 \text{ s}$ 。所以正确答案是 B。

【考点定位】万有引力定律

66.(2012·四川卷)今年4月30日，西昌卫星发射中心发射的中圆轨道卫星，其轨道半径为 $2.8 \times 10^7 \text{ m}$ ，它与另一颗同质量的同步轨道卫星(轨道半径为 $4.2 \times 10^7 \text{ m}$)相比

A.向心力较小 B.动能较大 C.发射速度都是第一宇宙速度 D.角速度较小

【答案】B

【解析】根据万有引力定律 F 可知，半径越小万有引力越大，A 错误。卫星绕地球做圆周运动，则，可得卫星的线速度 v ，半径越小线速度越大，则动能越大，B 正确。第一宇宙速度是最小发射速度，以第一宇宙速度发射的卫星轨道半径为地球半径 $6.4 \times 10^3 \text{ km}$ ，中圆轨道卫星和同步卫星发射速度都大于第一宇宙速度，C 错误。由，可得卫星的角速度，半径越小角速度越大，D 错误。

【考点定位】本题考查万有引力定律的实际应用及其相关知识

67.(2014·天津卷)研究表明，地球自转在逐渐变慢，3 亿年前地球自转的周期约为 22 小时。假设这种趋势会持续下去，地球的其他条件都不变，未来人类发射的地球同步卫星与现在的相比

- A.距地面的高度变大
- B.向心加速度变大
- C.线速度变大
- D.角速度变大

【答案】A

【解析】同步卫星的周期等于地球的自转周期，根据万有引力定律和牛顿第二定律 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ 可知，卫星的周期越大，轨道半径越大，所以地球自转变慢后，同步卫星需要在更高的轨道上运行，选项 A 正确；而此时万有引力减小，所以向心加速度减小、线速度减小，角速度减小，故选项 B、C、D 错误。

【考点定位】万有引力定律及应用

68.(2013·海南卷·T5)“北斗”卫星屏声息气定位系统由地球静止轨道卫星(同步卫星)、中轨道卫星和倾斜同步卫星组成。地球静止轨道卫星和中轨道卫星都在圆轨道上运行，它们距地面的高度分别约为地球半径的 6 倍和 3.4 倍，下列说法中正确的是

- A.静止轨道卫星的周期约为中轨道卫星的 2 倍
- B.静止轨道卫星的线速度大小约为中轨道卫星的 2 倍
- C.静止轨道卫星的角速度大小约为中轨道卫星的 $1/7$

D.静止轨道卫星的向心加速度大小约为中轨道卫星的 1/7

【答案】A

【解析】由万有引力提供向心力可知 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = mr\omega^2 = mr(\frac{2\pi}{T})^2 = ma$ ，整理

可得周期 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$ ，线速度 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，角速度 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ ，向心加速度 $a = \frac{GM}{r^2}$

，设地球的半径为 R ，由题意知静止轨道卫星的运行半径是 $r_1 = 7R$ ，中轨道卫星的运行半径是 $r_2 = 4.4R$ ，由比例关系可得静止轨道卫星的周期约为中轨道卫星的

$\sqrt{\frac{7^3}{4.4^3}} \approx 2$ 倍，故 A 正确；同理可判断出选项 BCD 均错误。

69.(2011·广东卷)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.卫星距离地面的高度为 $\sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$

B.卫星的运行速度小于第一宇宙速度

C.卫星运行时受到的向心力大小为 $G \frac{Mm}{R^2}$

D.卫星运行的向心加速度小于地球表面的重力加速度

【答案】BD

【解析】根据 $G \frac{Mm}{(R+H)^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2(R+H)$ ，A 错，由 $G \frac{Mm}{(R+H)^2} = m \frac{v^2}{R+H}$ ，B

正确，由 $G \frac{Mm}{(R+H)^2} = mg$ ，C 错，D 对。

【考点定位】万有引力定律

70.(2011·山东卷)甲、乙为两颗地球卫星，其中甲为地球同步卫星，乙的运行高度低于甲的运行高度，两卫星轨道均可视为圆轨道。以下判断正确的是

- A.甲的周期大于乙的周期
- B.乙的速度大于第一宇宙速度
- C.甲的加速度小于乙的加速度
- D.甲在运行时能经过北极的正上方

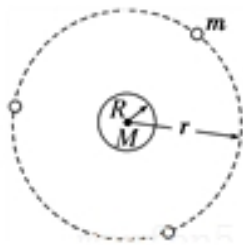
【答案】AC

【解析】由于卫星运行高度越大，周期越大，速度越小，所以甲的周期大于乙的周期，乙的速度小于第一宇宙速度，A 正确 B 错误；

卫星越高，加速度越小，甲的加速度小于乙的加速度，C 正确；

同步卫星只能运行在赤道上方特定轨道上，甲的运行时不能经过北极的正上方，D 错误。

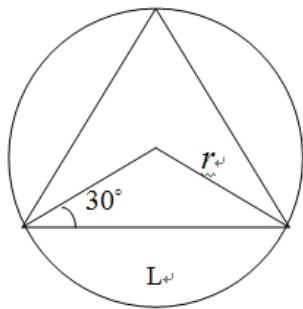
71.(2013·浙江卷)如图所示，三颗质量均为 m 的地球同步卫星等间隔分布在半径为 r 的圆轨道上，设地球质量为 M ，半径为 R 。下列说法正确的是



- A.地球对一颗卫星的引力大小为 $\frac{GMm}{(r-R)^2}$
- B.一颗卫星对地球的引力大小为 $\frac{GMm}{r^2}$
- C.两颗卫星之间的引力大小为 $\frac{Gm^2}{3r^2}$
- D.三颗卫星对地球引力的合力大小为 $\frac{3GMm}{r^2}$

【答案】BC

【解析】根据万有引力定律可知：地球对一个卫星的引力大小为 $\frac{GMm}{r^2}$ ，A 选项错误；



物体间的万有引力是相互作用力，所以一个卫星对地球的引力大小也为 $\frac{GMm}{r^2}$ ，B 选项正确；

如图所示，两颗卫星之间的距离 $L = \sqrt{3}r$ ，所以两颗卫星之间的引力大小为

$$\frac{Gm^2}{L^2} = \frac{Gm^2}{3r^2}，C 选项正确；$$

三颗卫星处在圆轨道的内接正三角形顶角上，根据三力平衡知识可知，对地球引力的合力大小为零，D 错误。

【考点定位】万有引力定律。

72.(2010·重庆卷·T16)月球与地球质量之比约为 1: 80，有研究者认为月球和地球可视为一个由两质点构成的双星系统，他们都围绕月地连线上某点 O 做匀速圆周运动.据此观点，可知月球与地球绕 O 点运动的线速度大小之比约为

A.1:6400

B.1:80

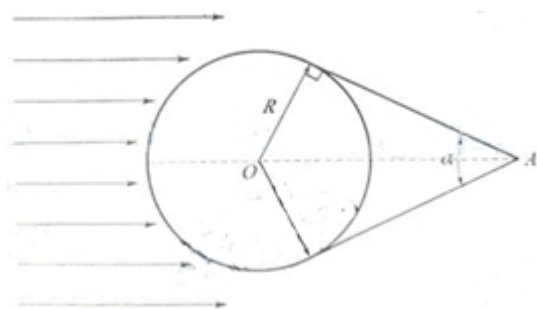
C.80:1

D.6400:1

【答案】C

【解析】本题考查天体运动中的双星运动模型和圆周运动的知识。由万有引力提供双星的向心力，且双星的角速度相同，则有 $m_1\omega^2r_1 = m_2\omega^2r_2$ ，轨道半径和质量成反比，又 $v = \omega r$ ，那么双星的线速度和质量也成反比，C 项对。

73.(2010·浙江卷·T20)宇宙飞船以周期为 T 绕地球作圆周运动时，由于地球遮挡阳光，会经历“日全食”过程，如图所示。已知地球的半径为 R ，地球质量为 M ，引力常量为 G ，地球自转周期为 T_0 ，太阳光可看作平行光，宇航员在 A 点测出的张角为 α ，则



- A. 飞船绕地球运动的线速度为 $\frac{2\pi R}{T \sin(\alpha/2)}$
- B. 一天内飞船经历“日全食”的次数为 T/T_0
- C. 飞船每次“日全食”过程的时间为 $\alpha T_0/(2\pi)$
- D. 飞船周期为 $T = \frac{2\pi R}{\sin(\alpha/2)} \sqrt{\frac{R}{GM \sin(\alpha/2)}}$

【答案】AD

【解析】

【解析】本题考查天体运动的知识，考查考生对规律及公式的熟练运用能力。根据图可知，飞船的轨道半径为 $r = \frac{R}{\sin \frac{\alpha}{2}}$ ，根据线速度公式 $v = \frac{2\pi r}{T}$ 可知 A 项正确

；飞船的周期是 T ，一天的时间是 T_0 ，故一天内，飞船经历“日全食”的次数是 $\frac{T_0}{T}$ ，B 项错误；根据图可知日全食经过的弧所对的圆心角为 α ，故日全食的时间为 $\frac{\alpha T}{2\pi}$ ，故 C 项错误；根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$ ，解得 D 项正确。

74.(2010·天津卷·T6)探测器绕月球做匀速圆周运动，变轨后在周期较小的轨道上仍做匀速圆周运动，则变轨后与变轨前相比

- A.轨道半径变小 B.向心加速度变小
C.线速度变小 D.角速度变小

【答案】A

【解析】本题考查的是万有引力与航天，这是每年高考必考内容。周期变小，根

据 $G \frac{Mm}{r^2} = \frac{4\pi^2}{T^2} rm$ 可知轨道半径减小，A 项正确，又由

$G \frac{Mm}{r^2} = ma_n = \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2$ 可知线速度、角速度及相信加速度都是变大的。

75.(2010·福建卷·T14)火星探测项目是我国继神舟载人航天工程、嫦娥探月工程之后又一个重大太空探索项目。假设火星探测器在火星表面附近圆轨道运行的周期为 T_1 ，神舟飞船在地球表面附近的圆形轨道运行周期为 T_2 ，火星质量与地球质量之比为 p ，火星半径与地球半径之比为 q ，则 T_1 与 T_2 之比为

- A. $\sqrt{pq^3}$ B. $\sqrt{\frac{1}{pq^3}}$ C. $\sqrt{\frac{p}{q^3}}$ D. $\sqrt{\frac{q^3}{p}}$

【答案】D

【解析】本题考查万有引力定律应用及考生的理解能力、推理能力。由万有引力

提供向心力 $G \frac{Mm}{r^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$ 知，周期 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$ 。代入数据可解得

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{\frac{r_1^3}{M_1}}}{\sqrt{\frac{r_2^3}{M_2}}} = \sqrt{\frac{q^3}{p}}, \text{ 正确的选项为 D。}$$

76.(2010·安徽卷·T17)为了对火星及其周围的空间环境进行探测，我国预计于 2011 年 10 月发射第一颗火星探测器“萤火一号”。假设探测器在离火星表面高度分别为 h_1 和 h_2 的圆轨道上运动时，周期分别为 T_1 和 T_2 。火星可视为质量分布均

匀的球体，且忽略火星的自转影响，万有引力常量为 G 。仅利用以上数据，可以计算出

- A.火星的密度和火星表面的重力加速度
- B.火星的质量和火星对“萤火一号”的引力
- C.火星的半径和“萤火一号”的质量
- D.火星表面的重力加速度和火星对“萤火一号”的引力

【答案】A

【解析】本题考查万有引力与航天的内容。火星对“萤火一号”探测器的万有引力提供了其绕火星作圆周运动的向心力。设火星质量为 M ，探测器质量为 m ，

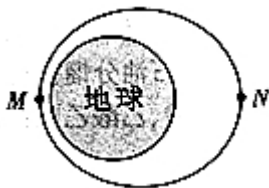
探测器的轨道半径为 r ，有 $\frac{GMm}{r^2} = ma$ ，等式中的 m 就约掉了，所以 m 是求不出来的，也就无法求出火星对火星探测器的万有引力，所以 B、C、D 项错。只有

A 项正确。以下是 A 项的求解过程 设火星半径为 R ，有 $\frac{GMm}{(R+h_1)^2} = \frac{4\pi^2}{T_1^2} m(R+h_1)$

① $\frac{GMm}{(R+h_2)^2} = \frac{4\pi^2}{T_2^2} m(R+h_2)$ ②，①②中只有 M 和 R 是未知量，建立方程组可

求出。火星密度及表面的重力加速度可分别由 $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$ 和 $g = \frac{GMm}{R^2}$ 求出。

77.(2010·山东卷·T18)1970 年 4 月 24 日，我国自行设计、制造的第一颗人造地球卫星“东方红一号”发射成功，开创了我国航天事业的新纪元。“东方红一号”的运行轨道为椭圆轨道，其近地点的 M 和远地点的 N 的高度分别为 439km 和 2384km，则

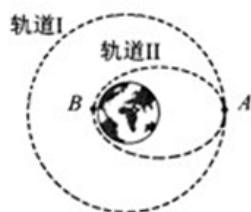


- A.卫星在 M 点的势能大于 N 点的势能
- B.卫星在 M 点的角速度大于 N 点的角速度
- C.卫星在 M 点的加速度大于 N 点的加速度
- D.卫星在 N 点的速度大于 7.9km/s

【答案】BC

【解析】本题考查万有引力定律及其应用、考生的理解能力和推理能力。卫星在 N 点时的高度大于 M 点，故在 N 点势能大。由 $G\frac{Mm}{r^2} = m\omega^2 r$ 知，近地点离地心的距离 r 小，根据开普勒的第二定律卫星在近地点时线速度大，离地心近，角速度大，故近地点角速度大；由 $G\frac{Mm}{r^2} = ma$ ，卫星在 M 点时加速度大。7.9km / s 为卫星的第一宇宙速度，所有卫星的环绕速度均小于第一宇宙速度，故正确的答案为 BC。

78.(2010·江苏卷·T6)2009 年 5 月，航天飞机在完成对哈勃空间望远镜的维修任务后，在 A 点从圆形轨道 I 进入椭圆轨道 II，B 为轨道 II 上的一点，如图所示，关于航天飞机的运动，下列说法中正确的有



- (A)在轨道 II 上经过 A 的速度小于经过 B 的速度
- (B)在轨道 II 上经过 A 的动能小于在轨道 I 上经过 A 的动能
- (C)在轨道 II 上运动的周期小于在轨道 I 上运动的周期
- (D)在轨道 II 上经过 A 的加速度小于在轨道 I 上经过 A 的加速度

【答案】ABC

【解析】

A.根据开普勒定律，近地点的速度大于远地点的速度，A 正确；

B.由 I 轨道变到 II 轨道要减速，所以 B 正确；

C.根据开普勒定律， $\frac{R^3}{T^2} = c$ ， $R_2 < R_1$ ，所以 $T_2 < T_1$ 。C 正确；

D.根据 $a = \frac{GM}{R^2}$ ，应等于，D 错误；

本题选 ABC。本题考查万有引力和开普勒定律。难度：中等。

79.(2010·北京卷·T16)一物体静置在平均密度为 ρ 的球形天体表面的赤道上。已知万有引力常量为 G ，若由于天体自转使物体对天体表面压力恰好为零，则天体自转周期为

A. $\left(\frac{4\pi}{3G\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$ B. $\left(\frac{3}{4\pi G\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$ C. $\left(\frac{\pi}{G\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$ D. $\left(\frac{3\pi}{G\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$

【答案】D

【解析】赤道表面的物体对天体表面的压力为零，说明天体对物体的万有引力

恰好等于物体随天体转动所需要的向心力，有 $\frac{G\frac{4}{3}\pi R^3 \rho m}{R^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R$ ，化简得

$T = \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$ ，正确答案为 D。

80.(2010·海南卷·T10)火星直径约为地球的一半，质量约为地球的十分之一，它绕太阳公转的轨道半径约为地球公转半径的 1.5 倍。根据以上数据，以下说法正确的是

A.火星表面重力加速度的数值比地球表面小

B.火星公转的周期比地球的长

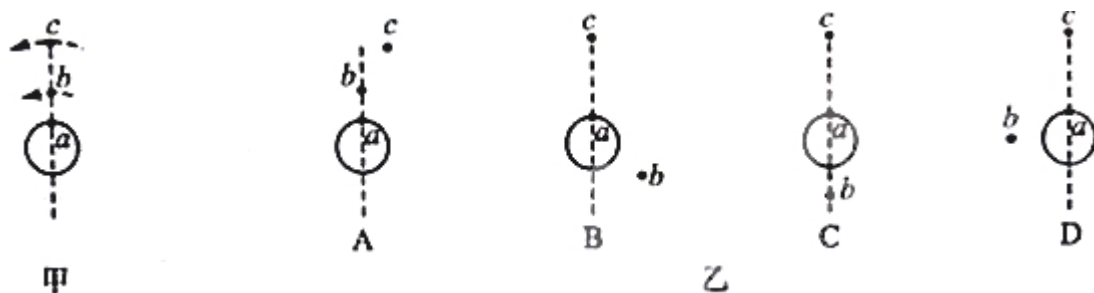
C.火星公转的线速度比地球的大

D.火星公转的向心加速度比地球的大

【答案】AB

【解析】由 $G\frac{Mm}{R^2} = mg$ 得 $g = G\frac{M}{R^2}$ ，计算得火星表面的重力加速度约为地球表面的 $\frac{2}{5}$ ，A 正确；由 $G\frac{Mm}{r^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2 R$ 得 $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ ，公转轨道半径大的周期长，B 对；周期长的线速度小，(或由 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 判断轨道半径大的线速度小)，C 错；公转向心加速度 $a = G\frac{M}{r^2}$ ，D 错。

81.(2010·四川卷·T17)a 是地球赤道上一栋建筑，b 是在赤道平面内作匀速圆周运动、距地面 $9.6 \times 10^6 \text{m}$ 的卫星，c 是地球同步卫星，某一时刻 b、c 刚好位于 a 的正上方(如图甲所示)，经 48h，a、b、c 的大致位置是图乙中的(取地球半径 $R = 6.4 \times 10^6 \text{m}$ ，地球表面重力加速度 $g = 10 \text{m/s}^2$ ， $\pi = \sqrt{10}$)



【答案】C

【解析】选 C。由于 a 和同步卫星 c 的周期均为 24h，所以 48h 后两物体又回到原位置，A 选项错误；又因为卫星所需的向心力由万有引力提供，轨道半径

$r = R + h = 16 \times 10^6 \text{m}$ ，设 b 的周期为 T，则 $G\frac{Mm}{r^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$ ， $m_0 g = G\frac{Mm_0}{R^2}$ ，联立解得

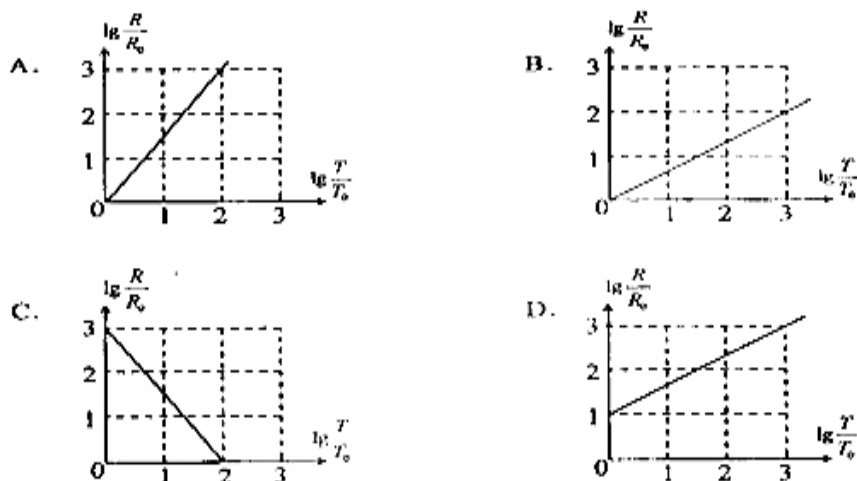
$$T = \frac{2\pi r}{R} \sqrt{\frac{r}{g}} = 2.0 \times 10^4 \text{s} = 5.6 \text{h}, \text{ 而 } \frac{48}{5.6} \approx 8.6, \text{ B 选项正确, 选项 C、D 错误。}$$

82.(2010·新课标 I 卷·T20)太阳系中的 8 大行星的轨道均可以近似看成圆轨道。

下列 4 幅图是用来描述这些行星运动所遵从的某一规律的图像。图中坐标系的横

轴是 $\lg(T/T_0)$ ，纵轴是 $\lg(R/R_0)$ ；这里 T 和 R 分别是行星绕太阳运行的周期和相应的圆轨道半径， T_0 和 R_0 分别是水星绕太阳运行的周期和相应的圆轨道半径。

下列 4 幅图中正确的是



【答案】B

【解析】本题考查数学对数函数的计算和开普勒第三定律。开普勒第三定律的表

达式为 $\frac{R^3}{T^2} = k$ ，或者 $\frac{R^3}{T^2} = \frac{R_0^3}{T_0^2}$ ，即 $\left(\frac{R}{R_0}\right)^3 = \left(\frac{T}{T_0}\right)^2$ ，根据对数函数的运算法则，

只要满足 $\lg\left(\frac{R}{R_0}\right)^3 = \lg\left(\frac{T}{T_0}\right)^2$ ，即满足 $3\lg\frac{R}{R_0} = 2\lg\frac{T}{T_0}$ 即可，以 $\lg\frac{R}{R_0}$ 为纵坐标，

$\lg\frac{T}{T_0}$ 为横坐标，图线是一条经过原点的倾斜直线，且斜率为 $2/3$ 。因此 B 项正确。

83.(2010·全国 II 卷·T21)已知地球同步卫星离地面的高度约为地球半径的 6 倍。

若某行星的平均密度为地球平均密度的一半，它的同步卫星距其表面的高度是其半径的 2.5 倍，则该行星的自转周期约为

- A.6 小时 B.12 小时 C.24 小时 D.36 小时

【答案】B

【解析】地球同步卫星的周期为 $T_1=24$ 小时，轨道半径为 $r_1=7R_1$ ，密度 ρ_1 。

某行星的同步卫星周期为 T_2 ，轨道半径为 $r_2=3.5R_2$ ，密度 ρ_2 。

根据牛顿第二定律和万有引力定律分别有：

$$\frac{Gm_1\rho_1\frac{4}{3}\pi R_1^3}{r_1^2}=m_1r_1\left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 \quad \frac{Gm_2\rho_2\frac{4}{3}\pi R_2^3}{r_2^2}=m_2r_2\left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2$$

两式化简解得： $T_2=T_1/2=12$ 小时。故选 B。

84.(2010·上海卷·T15)月球绕地球做匀速圆周运动的向心加速度大小为 a ，设月球表面的重力加速度大小为 g_1 ，在月球绕地球运行的轨道处由地球引力产生的加速度大小为 g_2 ，则

A. $g_1 = a$ B. $g_2 = a$ C. $g_1 + g_2 = a$ D. $g_2 - g_1 = a$

【答案】B

【解析】

根据月球绕地球做匀速圆周运动的向心力由地球引力提供，选 B。

本题考查万有引力定律和圆周运动。难度：中等。这个题出的好。

非选择题：

85.(2016·上海卷)两颗卫星绕地球运行的周期之比为 27:1，则它们的角速度之比为_____，轨道半径之比为_____。

【答案】1:27； 9:1

【解析】根据题意，卫星绕地球做匀速圆周运动，卫星的运行角速度与周期关系

为： $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ，即角速度与周期成反比，则 $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{27}$ ；两颗卫星做匀速圆周运

动，由万有引力提供向心力，则有： $G\frac{Mm}{r^2} = mr\omega^2$ ，即 $r = \sqrt[3]{\frac{GM}{\omega^2}}$ ，所以有：

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt[3]{\frac{\omega_2^2}{\omega_1^2}} = \frac{9}{1}。$$

【考点定位】圆周运动关系、万有引力定律

【方法技巧】先通过圆周运动关系 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 分析两颗卫星的角速度关系，再通过万有引力关系 $G\frac{Mm}{r^2} = mr\omega^2$ ，计算轨道半径关系。

86.(2011·上海卷)人造地球卫星在运行过程中由于受到微小的阻力，轨道半径将缓慢减小。在此运动过程中，卫星所受万有引力大小将_____ (填“减小”或“增大”)；其动能将_____ (填“减小”或“增大”)。

【答案】增大、增大

【解析】根据万有引力定律 $F = G\frac{Mm}{r^2}$ ，因 r 减小， F 增大；根据 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$ ，动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = G\frac{Mm}{2r}$ ，因 r 减小， E_k 增大。

【考点定位】万有引力定律

87.(2012·上海卷)人造地球卫星做半径为 r ，线速度大小为 v 的匀速圆周运动。当其角速度变为原来的 $\frac{\sqrt{2}}{4}$ 倍后，运动半径为_____，线速度大小为_____。

【答案】 $2r$ ， $\frac{1}{2}v$

【解析】根据 $\frac{GMm}{r^2} = m\omega^2 r$ ， $\frac{GMm}{r'^2} = m(\frac{\sqrt{2}\omega}{4})^2 r'$ 整理得： $r' = 2r$ ；

$v = \omega r$ ；则 $v' = \frac{\sqrt{2}\omega}{4} \times 2r = \frac{\sqrt{2}}{2}v$ 。

【考点定位】本题考查万有引力定律及其相关知识，

88.(2017·天津卷)我国自主研制的首艘货运飞船“天舟一号”发射升空后，与已经在轨运行的“天宫二号”成功对接形成组合体。假设组合体在距地面高度为 h 的圆形轨道上绕地球做匀速圆周运动，已知地球的半径为 R ，地球表面处重力加速度为 g ，且不考虑地球自转的影响。则组合体运动的线速度大小为_____，向心加速度大小为_____。



【答案】 $R\sqrt{\frac{g}{R+h}}$ $\frac{gR^2}{(R+h)^2}$

【解析】在地球表面附近，物体所受重力和万有引力近似相等，有： $G\frac{Mm}{R^2} = mg$ ，航天器绕地球做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，有：

$$G\frac{Mm}{(R+h)^2} = m\frac{v^2}{R+h} = ma, \text{ 解得：线速度 } v = R\sqrt{\frac{g}{R+h}}, \text{ 向心加速度 } a = \frac{gR^2}{(R+h)^2}$$

。

【考点定位】万有引力定律的应用

【名师点睛】本题难度不大，应知道在地球表面附近物体所受重力和万有引力近似相等，即“黄金代换”。

89.(2012·海南卷)地球同步卫星到地心的距离 r 可用地球质量 M 、地球自转周期 T 与引力常量 G 表示为 $r=$ _____。

【答案】 $\sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$

【解析】设地球同步卫星质量为 m ，由万有引力定律和牛顿第二定律，

$$G \frac{Mm}{r^2} = mr \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2, \text{ 解得 } r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}。$$

【考点定位】本题考查万有引力定律、卫星的运动及其相关知识

90.(2011·海南卷)2011年4月10日,我国成功发射第8颗北斗导航卫星,建成以后北斗导航卫星系统将包含多颗地球同步卫星,这有助于减少我国对GPS导航系统的依赖,GPS由运行周期为12小时的卫星群组成,设北斗星的同步卫星和GPS导航的轨道半径分别为 R_1 和 R_2 ,向心加速度分别为 a_1 和 a_2 ,则 $R_1:R_2$
=_____, $a_1:a_2$ =_____(可用根式表示)

【答案】 $\sqrt[3]{4}$; $\frac{1}{\sqrt[3]{16}}$

【解析】设地球同步卫星的周期为 T_1 ,GPS卫星的周期为 T_2 ,由题意有: $\frac{T_1}{T_2}=2$

由万有引力定律的公式和向心的公式有: $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R = ma$

由以上两式可得: $R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}, a = \frac{GM}{R^2}$, 因而: $\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{2}{3}} = \sqrt[3]{4}$

$$\frac{a_1}{a_2} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^{-2} = \frac{1}{\sqrt[3]{16}}$$

【考点定位】万有引力定律的应用

91.(2015·上海·T22B)两靠得较近的天体组成的系统成为双星,它们以两者连线上某点为圆心做匀速圆周运动,因而不至于由于引力作用而吸引在一起。设两天体的质量分布为 m_1 和 m_2 ,则它们的轨道半径之比 $R_{m_1}:R_{m_2}$ =_____；速度之比 $v_{m_1}:v_{m_2}$ =_____。

【答案】 $m_1:m_2$; $m_1:m_2$

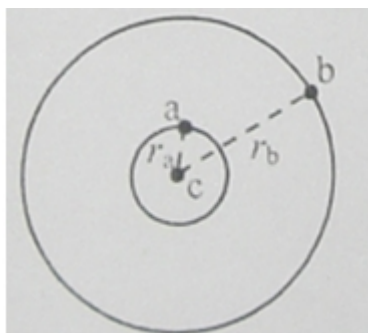
【解析】双星角速度相同。向心力由万有引力提供，大小也相等，所以有：

$$G \frac{Mm}{L^2} = m_1 \omega^2 R_{m_1} = m_2 \omega^2 R_{m_2}, \text{ 所以 } R_{m_1} : R_{m_2} = m_2 : m_1, \text{ 角速度一定, 线速度与半}$$

径成正比, 所以速度之比 $v_{m_1} : v_{m_2} = R_{m_1} : R_{m_2} = m_2 : m_1$ 。

【考点定位】万有引力定律；圆周运动

92.(2010·上海卷·T24)如图, 三个质点 a、b、c 质量分别为 m_1 、 m_2 、 M ($M \gg m_1, M \gg m_2$). 在 C 的万有引力作用下, a、b 在同一平面内绕 c 沿逆时针方向做匀速圆周运动, 轨道半径之比 $r_a : r_b = 1:4$, 则它们的周期之比 $T_a : T_b =$ _____; 从图示位置开始, 在 b 运动一周的过程中, a、b、c 共线了 _____ 次。



【解析】根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 得 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$, 所以 $\frac{T_a}{T_b} = \frac{1}{8}$,

在 b 运动一周的过程中, a 运动 8 周, 所以 a、b、c 共线了 8 次。

本题考查万有引力和圆周运动。难度：中等。

93.(2011 安徽卷)(1)开普勒行星运动第三定律指出：行星绕太阳运动的椭圆轨道

的半长轴 a 的三次方与它的公转周期 T 的二次方成正比, 即 $\frac{a^3}{T^2} = k$, k 是一个对

所有行星都相同的常量。将行星绕太阳的运动按圆周运动处理, 请你推导出太阳系中该常量 k 的表达式。已知引力常量为 G , 太阳的质量为 $M_{\text{太}}$ 。

(2)开普勒定律不仅适用于太阳系，它对一切具有中心天体的引力系统(如地月系统)都成立。经测定月地距离为 $3.84 \times 10^8 \text{m}$ ，月球绕地球运动的周期为 $2.36 \times 10^6 \text{s}$ ，试计算地球的质 $M_{\text{地}}$ 。($G=6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ ，结果保留一位有效数字)

【答案】 (1) $k = \frac{G}{4\pi^2} M_{\text{太}}$ (2) $M_{\text{地}} = 6 \times 10^{24} \text{kg}$

【解析】 (1)因行星绕太阳作匀速圆周运动，于是轨道的半长轴 a 即为轨道半径

r .根据万有引力定律和牛顿第二定律有 $G \frac{m_{\text{行}} M_{\text{太}}}{r^2} = m_{\text{行}} \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r$ ①

于是有 $\frac{r^3}{T^2} = \frac{G}{4\pi^2} M_{\text{太}}$ ②

即 $k = \frac{G}{4\pi^2} M_{\text{太}}$ ③

(2)在月地系统中，设月球绕地球运动的轨道半径为 R ，周期为 T ，由②式可得

$\frac{R^3}{T^2} = \frac{G}{4\pi^2} M_{\text{地}}$ ④

解得 $M_{\text{地}} = 6 \times 10^{24} \text{kg}$ ⑤

【考点定位】 万有引力定律，牛顿第二定律，开普勒定律

94.(2013 天津卷)(1)“嫦娥一号”和“嫦娥二号”卫星相继完成了对月球的环月飞行，标志着我国探月工程的第一阶段已经完成。设“嫦娥二号”卫星环绕月球的运动为匀速圆周运动，它距月球表面的高度为 h ，已知月球的质量为 M 、半径为 R ，引力常量为 G ，则卫星绕月球运动的向心加速度 $a=$ _____，线速度 $v=$ _____。

【答案】 $\frac{GM}{(R+h)^2}$ ； $\sqrt{\frac{GM}{R+h}}$

【解析】 万有引力提供卫星绕月球圆周运动的向心力，所以有： $\frac{GmM}{r^2} = ma$

得嫦娥二号的向心加速度 $a = \frac{GM}{r^2} = \frac{GM}{(R+h)^2}$

$$(2) \frac{GmM}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \text{ 得嫦娥二号的线速度 } v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

【考点定位】万有引力定律的应用。

95.(2014·上海卷)动能相等的两人造地球卫星 A、B 的轨道半径之比 $R_A : R_B = 1:2$

，它们的角速度之比 $\omega_A : \omega_B = \underline{\hspace{2cm}}$ ，质量之比 $m_A : m_B = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

【答案】 $2\sqrt{2}:1$ $1:2$

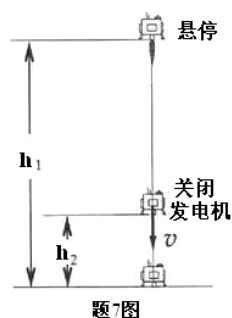
【解析】人造卫星万有引力提供向心力即 $\frac{GMm}{R^2} = mR\omega^2$ ，可得角速度 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$

，所以可得 $\omega_A : \omega_B = \sqrt{\frac{R_B^3}{R_A^3}} = 2\sqrt{2}:1$ 。线速度之比 $v_A : v_B = \omega_A R_A : \omega_B R_B = \sqrt{2}:1$ ，动

能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ，可得 $\frac{m_A}{m_B} = \frac{2E_k}{v_A^2} : \frac{2E_k}{v_B^2} = 1:2$ 。

【考点定位】万有引力与航天

96.(2014·重庆卷)如图为“嫦娥三号”探测器在月球上着陆最后阶段的示意图.首先在发动机作用下,探测器受到推力在距月球高度为 h_1 处悬停(速度为 0, h_1 远小于月球半径);接着推力改变,探测器开始竖直下降,到达距月面高度为 h_2 处的速度为 v , 此后发动机关闭,探测器仅受重力下落至月面.已知探测器总质量为 m (不包括燃料), 地球和月球的半径比为 k_1 , 质量比为 k_2 , 地球表面附近的重力加速度为 g , 求:



- (1)月球表面附近的重力加速度大小及探测器刚接触月面时的速度大小；
 (2)从开始竖直下降到刚接触月面时，探测器机械能的变化。

【答案】(1) $\frac{k_1^2}{k_2}g$, $\sqrt{v^2 + \frac{2k_1^2gh_2}{k_2}}$; (2) $\Delta E = \frac{k_1^2}{k_2}mg(h_1 - h_2) - \frac{1}{2}mv^2$

【解析】(1)设地球质量和半径分别为 M 和 R , 月球的质量、半径和表面附近的重力加速度分别为 M' 、 R' 、 和 g' , 探测器刚接触月面时的速度大小为 v_1 .

在星球表面根据万有引力近似等于重力, 即: $mg' = G\frac{M'm}{R'^2}$

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

解得: $g' = \frac{k_1^2}{k_2}g$

由根据速度位移公式: $v_1^2 - v^2 = 2g'h_2$

解得: $v_1 = \sqrt{v^2 + \frac{2k_1^2gh_2}{k_2}}$

(2)设机械能变化量为 ΔE , 动能变化量为 ΔE_k , 重力势能变化量为 ΔE_p .

由能量守恒定律: $\Delta E = \Delta E_k + \Delta E_p$

有 $\Delta E = \frac{1}{2}m(v^2 + \frac{2k_1^2gh_2}{k_2}) - m\frac{k_1^2}{k_2}gh_1$

解得: $\Delta E = \frac{k_1^2}{k_2}mg(h_1 - h_2) - \frac{1}{2}mv^2$

【考点定位】本题考查了万有引力定律及其应用、自由落体运动、能量守恒定律。

97.(2014·全国大纲卷)已知地球的自转周期和半径分别为 T 和 R , 地球同步卫星 A 的圆轨道半径为 h 。卫星 B 沿半径为 $r(r < h)$ 的圆轨道在地球赤道的正上方运行, 其运行方向与地球自转方向相同。求:

(1) 卫星 B 做圆周运动的周期;

(2) 卫星 A 和 B 连续地不能直接通讯的最长时间间隔(信号传输时间可忽略)。

【答案】 (1) $(\frac{r}{h})^{3/2}T$; (2) $\frac{r^{3/2}}{\pi(h^{3/2} - r^{3/2})}(\arcsin \frac{R}{h} + \arcsin \frac{R}{r})T$

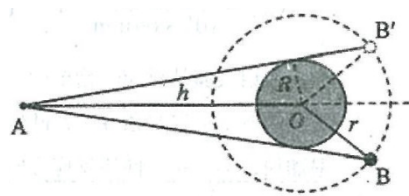
【解析】 (1) 设卫星 B 绕地心转动的周期为 T' , 根据开普勒第三定律有

$$\frac{h^3}{T^2} = \frac{r^3}{T'^2}$$

$$T' = (\frac{r}{h})^{\frac{3}{2}}T$$

(2) 设卫星 A 和 B 连续地不能直接通讯的最长时间间隔 t , 在时间间隔 t 内, 卫星 A 和 B 绕地心转过的角度分别为 α 和 β , 则: $\alpha = \frac{t}{T} \times 2\pi$, $\beta = \frac{t}{T'} \times 2\pi$ ④

若不考虑卫星 A 的公转, 两卫星不能直接通讯时, 卫星 B 的位置应在下图中 B 点和 B' 点之间, 图中内圆表示地球的赤道。



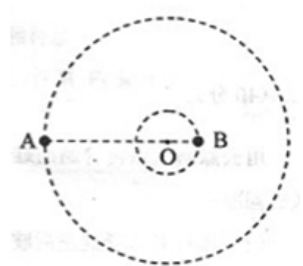
由图中几何关系得: $\angle BOB' = 2(\arcsin \frac{R}{h} + \arcsin \frac{R}{r})$ ⑤

由③式知, 当 $r < h$ 时, 卫星 B 比卫星 A 转得快, 考虑卫星 A 的公转后应有: $\beta - \alpha = \angle BOB'$ ⑥

由③④⑤⑥式联立解得: $t = \frac{r^{3/2}}{\pi(h^{3/2} - r^{3/2})}(\arcsin \frac{R}{h} + \arcsin \frac{R}{r})T$

【考点定位】本题主要考查了万有引力定律的应用和空间想象能力问题，属于中档偏高题。

98.(2010·全国 I 卷·T25)如右图，质量分别为 m 和 M 的两个星球 A 和 B 在引力作用下都绕 O 点做匀速圆周运动，星球 A 和 B 两者中心之间距离为 L 。已知 A、B 的中心和 O 三点始终共线，A 和 B 分别在 O 的两侧。引力常数为 G 。



(1)求两星球做圆周运动的周期。

(2)在地月系统中，若忽略其它星球的影响，可以将月球和地球看成上述星球 A 和 B，月球绕其轨道中心运行行为的周期记为 T_1 。但在近似处理问题时，常常认为月球是绕地心做圆周运动的，这样算得的运行周期 T_2 。已知地球和月球的质量分别为 $5.98 \times 10^{24} \text{kg}$ 和 $7.35 \times 10^{22} \text{kg}$ 。求 T_2 与 T_1 两者平方之比。(结果保留 3 位小数)

【答案】(1) $T = 2\pi \sqrt{\frac{L^3}{G(M+m)}}$ (2) 1.01

【解析】(1)A 和 B 绕 O 做匀速圆周运动，它们之间的万有引力提供向心力，则 A 和 B 的向心力相等。且 A 和 B 和 O 始终共线，说明 A 和 B 有相同的角速度和周期。因此有

$$m\omega^2 r = M\omega^2 R, \quad r + R = L, \quad \text{连立解得 } R = \frac{m}{m+M}L, \quad r = \frac{M}{m+M}L$$

对 A 根据牛顿第二定律和万有引力定律得 $\frac{GMm}{L^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{M}{m+M}L$

化简得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L^3}{G(M+m)}}$

(2)将地月看成双星，由(1)得 $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{L^3}{G(M+m)}}$

将月球看作绕地心做圆周运动，根据牛顿第二定律和万有引力定律得

$$\frac{GMm}{L^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 L$$

化简得 $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{L^3}{GM}}$

所以两种周期的平方比值为 $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \frac{m+M}{M} = \frac{5.98 \times 10^{24} + 7.35 \times 10^{22}}{5.98 \times 10^{24}} = 1.01$