

十年真题 2015-2024

专题 05 万有引力与航天

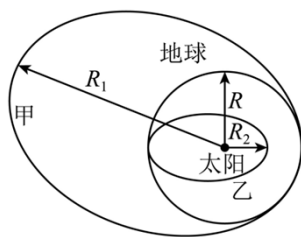
十年考情·探规律

考点	十年考情 (2015-2024)	命题趋势
考点 1 开普勒定律 (10 年 8 考)	2024·浙江·高考真题、2024·山东·高考真题、2023·北京·高考真题、 2023·浙江·高考真题、2022·湖南·高考真题、2021·福建·高考真题、 2021·全国·高考真题、2018·全国·高考真题、2017·全国·高考真题、 2016·全国·高考真题、2016·江苏·高考真题	以我国航空航天技术的发展成果为背景，以中心天体为模型，具体考查开普勒行星运动定律、重力与万有引力的关系、求中心天体的质量和密度、第一宇宙速度、卫星运行中的各种运动参量与卫星轨道半径的关系、卫星变轨时各参量的变化规律等热点问题。
考点 2 万有引力定律及其应用 (10 年 10 考)	2024·重庆·高考真题、2024·海南·高考真题、2024·广西·高考真题、 2024·全国·高考真题、2023·山东·高考真题、2022·全国·高考真题、 2021·山东·高考真题、2020·山东·高考真题、2020·全国·高考真题、 2019·全国·高考真题、2015·江苏·高考真题、2015·海南·高考真题、 2018·北京·高考真题、2017·海南·高考真题、2022·重庆·高考真题、 2021·重庆·高考真题、2017·北京·高考真题、2020·江苏·高考真题、 2016·海南·高考真题、2015·天津·高考真题、2024·北京·高考真题、 2023·北京·高考真题、2021·福建·高考真题	
考点 3 宇宙航行 (10 年 10 考)	2024·福建·高考真题、2024·广东·高考真题、2024·湖南·高考真题、 2024·河北·高考真题、2023·北京·高考真题、2023·湖南·高考真题、 2022·天津·高考真题、2022·湖北·高考真题、2022·浙江·高考真题、 2021·江苏·高考真题、2021·浙江·高考真题、2020·海南·高考真题、 2020·北京·高考真题、2019·北京·高考真题、2019·浙江·高考真题、 2017·江苏·高考真题、2021·重庆·高考真题、2021·湖南·高考真题、 2015·全国·高考真题、2015·天津·高考真题	

分考点·精准练

考点 01 开普勒定律

1. (2024·浙江·高考真题) 与地球公转轨道“外切”的小行星甲和“内切”的小行星乙的公转轨道如图所示，假设这些小行星与地球的公转轨道都在同一平面内，地球的公转半径为 R ，小行星甲的远日点到太阳的距离为 R_1 ，小行星乙的近日点到太阳的距离为 R_2 ，则 ()



- A. 小行星甲在远日点的速度大于近日点的速度
- B. 小行星乙在远日点的加速度小于地球公转加速度
- C. 小行星甲与乙的运行周期之比 $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{R_1^3}{R_2^3}}$
- D. 甲乙两星从远日点到近日点的时间之比 $\frac{t_1}{t_2} = \sqrt{\frac{(R_1 + R)^3}{(R_2 + R)^3}}$

【答案】D

【详解】A. 根据开普勒第二定律，小行星甲在远日点的速度小于近日点的速度，故 A 错误；

B. 根据

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

小行星乙在远日点的加速度等于地球公转加速度，故 B 错误；

C. 根据开普勒第三定律，小行星甲与乙的运行周期之比

$$\frac{T_1}{T_2} \approx \sqrt{\frac{\left(\frac{R_1 + R}{2}\right)^3}{\left(\frac{R_2 + R}{2}\right)^3}} = \sqrt{\frac{(R_1 + R)^3}{(R_2 + R)^3}}$$

故 C 错误；

D. 甲乙两星从远日点到近日点的时间之比即为周期之比

$$\frac{t_1}{t_2} \approx \sqrt{\frac{(R_1 + R)^3}{(R_2 + R)^3}}$$

故 D 正确。

故选 D。

2. (2024·山东·高考真题)“鹊桥二号”中继星环绕月球运行，其 24 小时椭圆轨道的半长轴为 a 。已知地球同步卫星的轨道半径为 r ，则月球与地球质量之比可表示为 ()

- A. $\sqrt{\frac{r^3}{a^3}}$ B. $\sqrt{\frac{a^3}{r^3}}$ C. $\frac{r^3}{a^3}$ D. $\frac{a^3}{r^3}$

【答案】D

【详解】“鹊桥二号”中继星在 24 小时椭圆轨道运行时，根据开普勒第三定律

$$\frac{a^3}{T^2} = k$$

同理，对地球同步卫星根据开普勒第三定律

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

又开普勒常量与中心天体的质量成正比，所以

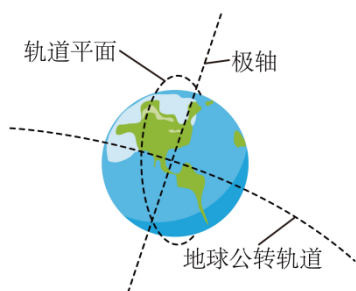
$$\frac{M_{\text{月}}}{M_{\text{地}}} = \frac{k}{k'}$$

联立可得

$$\frac{M_{\text{月}}}{M_{\text{地}}} = \frac{a^3}{r^3}$$

故选 D。

3. (2023·北京·高考真题) 2022 年 10 月 9 日，我国综合性太阳探测卫星“夸父一号”成功发射，实现了对太阳探测的跨越式突破。“夸父一号”卫星绕地球做匀速圆周运动，距地面高度约为 720km，运行一圈所用时间约为 100 分钟。如图所示，为了随时跟踪和观测太阳的活动，“夸父一号”在随地球绕太阳公转的过程中，需要其轨道平面始终与太阳保持固定的取向，使太阳光能照射到“夸父一号”，下列说法正确的是 ()



- A. “夸父一号”的运行轨道平面平均每天转动的角度约为 1°
- B. “夸父一号”绕地球做圆周运动的速度大于 7.9km/s
- C. “夸父一号”绕地球做圆周运动的向心加速度大于地球表面的重力加速度
- D. 由题干信息，根据开普勒第三定律，可求出日地间平均距离

【答案】A

【详解】A. 因为“夸父一号”轨道要始终保持要太阳光照射到，则在一年之内转动 360° 角，即轨道平面平均每天约转动 1° ，故 A 正确；

B. 第一宇宙速度是所有绕地球做圆周运动的卫星的最大环绕速度，则“夸父一号”的速度小于 7.9km/s ，故 B 错误；

C. 根据

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

可知“夸父一号”绕地球做圆周运动的向心加速度小于地球表面的重力加速度，故 C 错误；

D. “夸父一号”绕地球转动，地球绕太阳转动，中心天体不同，则根据题中信息不能求解地球与太阳的距离，故 D 错误。

故选 A。

4. (2023·浙江·高考真题) 木星的卫星中, 木卫一、木卫二、木卫三做圆周运动的周期之比为1:2:4。木卫三周期为 T , 公转轨道半径是月球绕地球轨道半径 r 的 n 倍。月球绕地球公转周期为 T_0 , 则 ()

A. 木卫一轨道半径为 $\frac{n}{16}r$

B. 木卫二轨道半径为 $\frac{n}{2}r$

C. 周期 T 与 T_0 之比为 $\frac{3}{n^2}$

D. 木星质量与地球质量之比为 $\frac{T_0^2}{T^2}n^3$

【答案】D

【详解】根据题意可得, 木卫3的轨道半径为

$$r_3 = nr$$

AB. 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

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

木卫一、木卫二、木卫三做圆周运动的周期之比为1:2:4, 可得木卫一轨道半径为

$$r_1 = \frac{nr}{\sqrt[3]{16}}$$

木卫二轨道半径为

$$r_2 = \frac{nr}{\sqrt[3]{4}}$$

故 AB 错误;

C. 木卫三围绕的中心天体是木星, 月球的围绕的中心天体是地球, 根据题意无法求出周期 T 与 T_0 之比, 故 C 错误;

D. 根据万有引力提供向心力, 分别有

$$G \frac{M_{\text{木}}m}{(nr)^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} nr$$

$$G \frac{M_{\text{地}}m}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T_0^2} r$$

联立可得

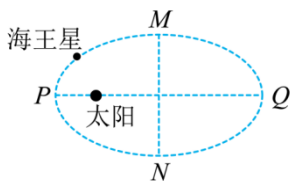
$$\frac{M_{\text{木}}}{M_{\text{地}}} = \frac{T_0^2}{T^2} n^3$$

故 D 正确。

故选 D。

5. (2017·全国·高考真题) 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 M 、 Q 到 N 的运动过程中 ()



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

【答案】D

【详解】A. 海王星从 P 到 Q 用时 $\frac{T_0}{2}$ ， PM 段的速度大小大于 MQ 段的速度大小，则 PM 段的时间小于 MQ 段的时间，所以 P 到 M 所用的时间小于 $\frac{T_0}{4}$ ，故 A 错误；
 B. 从 Q 到 N 的过程中，由于只有万有引力做功，机械能守恒，故 B 错误；
 C. 海王星从 P 到 Q 阶段，万有引力对它做负功，速率减小，故 C 错误；
 D. 根据万有引力方向与速度方向的关系知，从 M 到 N 阶段，万有引力对它先做负功后做正功，故 D 正确。
 故选 D。

6. (2021·全国·高考真题) 2021 年 2 月，执行我国火星探测任务的“天问一号”探测器在成功实施三次近火制动后，进入运行周期约为 $1.8 \times 10^5 \text{s}$ 的椭圆形停泊轨道，轨道与火星表面的最近距离约为 $2.8 \times 10^5 \text{m}$ 。已知火星半径约为 $3.4 \times 10^6 \text{m}$ ，火星表面处自由落体的加速度大小约为 3.7m/s^2 ，则“天问一号”的停泊轨道与火星表面的最远距离约为 ()

- A. $6 \times 10^5 \text{m}$
- B. $6 \times 10^6 \text{m}$
- C. $6 \times 10^7 \text{m}$
- D. $6 \times 10^8 \text{m}$

【答案】C

【详解】忽略火星自转则

$$\frac{GMm}{R^2} = mg \quad \text{①}$$

可知

$$GM = gR^2$$

设与为 $1.8 \times 10^5 \text{s}$ 的椭圆形停泊轨道周期相同的圆形轨道半径为 r ，由万有引力提供向心力可知

$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r \quad \text{②}$$

设近火点到火星中心为

$$R_1 = R + d_1 \quad \text{③}$$

设远火点到火星中心为

$$R_2 = R + d_2 \quad \text{④}$$

由开普勒第三定律可知

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{\left(\frac{R_1 + R_2}{2}\right)^3}{T^2} \quad \text{⑤}$$

由以上分析可得

$$d_2 \approx 6 \times 10^7 \text{ m}$$

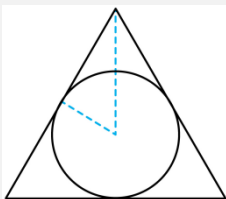
故选 C。

7. (2016·全国·高考真题) 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

【详解】 设地球的半径为 R , 周期 $T=24\text{h}$, 地球自转周期最小时, 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

$$\frac{r^3}{T^2} = k$$

可得

$$T_1 = T \sqrt{\frac{(2R)^3}{(6.6R)^3}} \approx 4\text{h}$$

故选 B。

8. (2018·全国·高考真题) 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

【详解】 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, 可得

$$\frac{T_P^2}{T_Q^2} = \frac{R_P^3}{R_Q^3} = 64$$

所以 P 与 Q 的周期之比为

$$T_P:T_Q=8:1$$

ABD 错误，C 正确。

故选 C 正确。

9. (2016·全国·高考真题) 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

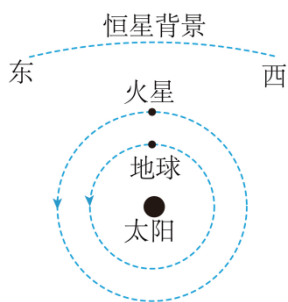
【答案】 B

【详解】 开普勒在他的导师第谷天文观测数据的基础上，总结出了行星运动的规律，但并未找出了行星按照这些规律运动的原因；牛顿在开普勒行星运动定律的基础上推导出万有引力定律。

故选 B。

【点睛】 本题考查物理学史，是常识性问题，对于物理学上重大发现、发明、著名理论要加强记忆，这也是考试内容之一。

10. (2022·湖南·高考真题) 如图，火星与地球近似在同一平面内，绕太阳沿同一方向做匀速圆周运动，火星的轨道半径大约是地球的 1.5 倍。地球上的观测者在大多数的时间内观测到火星相对于恒星背景由西向东运动，称为顺行；有时观测到火星由东向西运动，称为逆行。当火星、地球、太阳三者在同一直线上，且太阳和火星位于地球两侧时，称为火星冲日。忽略地球自转，只考虑太阳对行星的引力，下列说法正确的是 ()



- A. 火星的公转周期大约是地球的 $\sqrt{\frac{8}{27}}$ 倍
- B. 在冲日处，地球上的观测者观测到火星的运动为顺行
- C. 在冲日处，地球上的观测者观测到火星的运动为逆行
- D. 在冲日处，火星相对于地球的速度最小

【答案】 CD

【详解】 A. 由题意根据开普勒第三定律可知

$$\frac{r_{\text{地}}^3}{T_{\text{地}}^2} = \frac{r_{\text{火}}^3}{T_{\text{火}}^2}$$

火星轨道半径大约是地球轨道半径的 1.5 倍，则可得

$$T_{\text{火}} = \sqrt{\frac{27}{8}} T_{\text{地}}$$

故 A 错误；

BC. 根据

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

可得

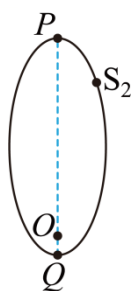
$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

由于火星轨道半径大于地球轨道半径，故火星运行线速度小于地球运行线速度，所以在冲日处火星相对于地球由东向西运动，为逆行，故 B 错误，C 正确；

D. 由于火星和地球运动的线速度大小不变，在冲日处火星和地球速度方向相同，故相对速度最小，故 D 正确。

故选 CD。

11. (2021·福建·高考真题) 两位科学家因为在银河系中心发现了一个超大质量的致密天体而获得了 2020 年诺贝尔物理学奖。他们对一颗靠近银河系中心的恒星 S_2 的位置变化进行了持续观测，记录到的 S_2 的椭圆轨道如图所示。图中 O 为椭圆的一个焦点，椭圆偏心率（离心率）约为 0.87。P、Q 分别为轨道的远银心点和近银心点，Q 与 O 的距离约为 120AU（太阳到地球的距离为 1AU）， S_2 的运行周期约为 16 年。假设 S_2 的运动轨迹主要受银河系中心致密天体的万有引力影响，根据上述数据及日常的天文知识，可以推出（ ）



- A. S_2 与银河系中心致密天体的质量之比
- B. 银河系中心致密天体与太阳的质量之比
- C. S_2 在 P 点与 Q 点的速度大小之比
- D. S_2 在 P 点与 Q 点的加速度大小之比

【答案】BCD

【详解】A. 设椭圆的长轴为 $2a$ ，两焦点的距离为 $2c$ ，则偏心率

$$0.87 = \frac{2c}{2a} = \frac{c}{a}$$

且由题知， Q 与 O 的距离约为 120AU ，即

$$a - c = 120\text{AU}$$

由此可得出 a 与 c ，由于 S_2 是围绕致密天体运动，根据万有定律，可知无法求出两者的质量之比，故 **A** 错误；

B. 根据开普勒第三定律有

$$\frac{a^3}{T^2} = k$$

式中 k 是与中心天体的质量 M 有关，且与 M 成正比；所以，对 S_2 是围绕致密天体运动有

$$\frac{a^3}{T_{s_2}^2} = k_{\text{致}} \propto M_{\text{致}}$$

对地球围绕太阳运动有

$$\frac{r_{\text{地}}^3}{T_{\text{地}}^2} = k_{\text{太}} \propto M_{\text{太}}$$

两式相比，可得

$$\frac{M_{\text{致}}}{M_{\text{太}}} = \frac{a^3 T_{\text{地}}^2}{r_{\text{地}}^3 T_{s_2}^2}$$

因 S_2 的半长轴 a 、周期 T_{s_2} ，日地之间的距离 $r_{\text{地}}$ ，地球围绕太阳运动的周期 $T_{\text{地}}$ 都已知，故由上式，可以求出银河系中心致密天体与太阳的质量之比，故 **B** 正确；

C. 根据开普勒第二定律有

$$\frac{1}{2} v_P (a+c) = \frac{1}{2} v_Q (a-c)$$

解得

$$\frac{v_P}{v_Q} = \frac{a-c}{a+c}$$

因 a 、 c 已求出，故可以求出 S_2 在 P 点与 Q 点的速度大小之比，故 **C** 正确；

D. S_2 不管是在 P 点，还是在 Q 点，都只受致密天体的万有引力作用，根据牛顿第二定律有

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

解得

$$a = \frac{GM}{r^2}$$

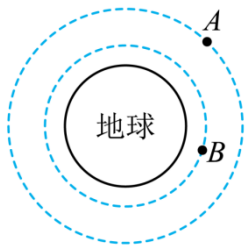
因 P 点到 O 点的距离为 $a+c$ ， Q 点到 O 点的距离为 $a-c$ ，解得

$$\frac{a_P}{a_Q} = \frac{(a-c)^2}{(a+c)^2}$$

因 a 、 c 已求出，故 S_2 在 P 点与 Q 点的加速度大小之比，故 D 正确。

故选 BCD。

12. (2016·江苏·高考真题) 如图所示，两质量相等的卫星 A、B 绕地球做匀速圆周运动，用 R 、 T 、 E_k 、 S 分别表示卫星的轨道半径、周期、动能、与地心连线在单位时间内扫过的面积。下列关系式正确的有 ()



A. $T_A > T_B$

B. $E_{kA} > E_{kB}$

C. $S_A = S_B$

D. $\frac{R_A^3}{T_A^2} = \frac{R_B^3}{T_B^2}$

【答案】AD

【详解】A. 根据

$$G \frac{Mm}{r^2} = m\omega^2 r = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r$$

知，轨道半径越大，周期越大，所以

$$T_A > T_B$$

A 正确；

B. 由万有引力提供向心力，即

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

知

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

所以 $v_B > v_A$ ，又因为质量相等，所以

$$E_{kB} > E_{kA}$$

B 错误；

C. 同一行星与地心连线在单位时间内扫过的面积

$$S = \frac{\rho R^2}{T} = \frac{\rho R^2}{\frac{2\pi}{\omega}} = \frac{1}{2} \omega R^2 = \frac{1}{2} \sqrt{GM R}$$

知，轨道半径越大，与地心连线在单位时间内扫过的面积越大，则

$$S_A > S_B$$

C 错误；

D. A、B 卫星的绕同一天体做圆周运动，由开普勒第三定律知

$$\frac{R_A^3}{T_A^2} = \frac{R_B^3}{T_B^2}$$

D 正确。

故选 AD。

考点 02 万有引力定律及其应用

1. (2024·重庆·高考真题) 2024 年 5 月 3 日, 嫦娥六号探测成功发射, 开启月球背面采样之旅, 探测器的着陆器上升器组合体着陆月球要经过减速、悬停、自由下落等阶段。则组合体着陆月球的过程中 ()

- A. 减速阶段所受合外力为 0 B. 悬停阶段不受力
C. 自由下落阶段机械能守恒 D. 自由下落阶段加速度大小 $g = 9.8\text{m/s}^2$

【答案】C

【详解】A. 组合体在减速阶段有加速度, 合外力不为零, 故 A 错误;

B. 组合体在悬停阶段速度为零, 处于平衡状态, 合力为零, 仍受重力和升力, 故 B 错误;

C. 组合体在自由下落阶段只受重力, 机械能守恒, 故 C 正确;

D. 月球表面重力加速度不为 9.8m/s^2 , 故 D 错误。

故选 C。

2. (2024·海南·高考真题) 嫦娥六号进入环月圆轨道, 周期为 T , 轨道高度与月球半径之比为 k , 引力常量为 G , 则月球的平均密度为 ()

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

【答案】D

【详解】设月球半径为 R , 质量为 M , 对嫦娥六号, 根据万有引力提供向心力

$$G \frac{Mm}{[(k+1)R]^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot (k+1)R$$

月球的体积

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

月球的平均密度

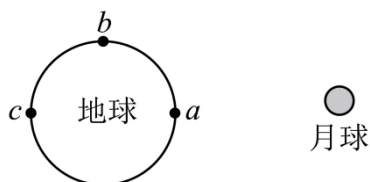
$$\rho = \frac{M}{V}$$

联立可得

$$\rho = \frac{3\pi}{GT^2}(1+k)^3$$

故选 D。

3. (2024·广西·高考真题) 潮汐现象出现的原因之一是在地球的不同位置海水受到月球的引力不相同。图中 a 、 b 和 c 处单位质量的海水受月球引力大小在 ()



- A. a 处最大 B. b 处最大 C. c 处最大 D. a 、 c 处相等， b 处最小

【答案】A

【详解】根据万有引力公式

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

可知图中 a 处单位质量的海水收到月球的引力最大；

故选 A。

4. (2024·全国·高考真题) 天文学家发现，在太阳系外的一颗红矮星有两颗行星绕其运行，其中行星 GJ1002c 的轨道近似为圆，轨道半径约为日地距离的 0.07 倍，周期约为 0.06 年，则这颗红矮星的质量约为太阳质量的 ()

- A. 0.001 倍 B. 0.1 倍 C. 10 倍 D. 1000 倍

【答案】B

【详解】设红矮星质量为 M_1 ，行星质量为 m_1 ，半径为 r_1 ，周期为 T_1 ；太阳的质量为 M_2 ，地球质量为 m_2 ，到太阳距离为 r_2 ，周期为 T_2 ；根据万有引力定律有

$$G\frac{M_1m_1}{r_1^2} = m_1\frac{4\pi^2}{T_1^2}r_1$$

$$G\frac{M_2m_2}{r_2^2} = m_2\frac{4\pi^2}{T_2^2}r_2$$

联立可得

$$\frac{M_1}{M_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$$

由于轨道半径约为日地距离的 0.07 倍，周期约为 0.06 年，可得

$$\frac{M_1}{M_2} \approx 0.1$$

故选 B。

5. (2024·全国·高考真题) 2024 年 5 月，嫦娥六号探测器发射成功，开启了人类首次从月球背面采样返回之旅。将采得的样品带回地球，飞行器需经过月面起飞、环月飞行、月地转移等过程。月球表面自由落体加速度约为地球表面自由落体加速度的 $\frac{1}{6}$ 。下列说法正确的是 ()

- A. 在环月飞行时，样品所受合力为零
 B. 若将样品放置在月球正面，它对月球表面压力等于零
 C. 样品在不同过程中受到的引力不同，所以质量也不同

D. 样品放置在月球背面时对月球的压力, 比放置在地球表面时对地球的压力小

【答案】D

【详解】A. 在环月飞行时, 样品所受合力提供所需的向心力, 不为零, 故 A 错误;

BD. 若将样品放置在月球正面, 它对月球表面压力大小等于它在月球表面的重力大小; 由于月球表面自由落体加速度约为地球表面自由落体加速度的 $\frac{1}{6}$, 则样品在地球表面的重力大于在月球表面的重力, 所以样品放置在月球背面时对月球的压力, 比放置在地球表面时对地球的压力小, 故 B 错误, D 正确;

C. 样品在不同过程中受到的引力不同, 但样品的质量相同, 故 C 错误。

故选 D。

6. (2023·山东·高考真题) 牛顿认为物体落地是由于地球对物体的吸引, 这种吸引力可能与天体间(如地球与月球)的引力具有相同的性质、且都满足 $F \propto \frac{Mm}{r^2}$ 。已知地月之间的距离 r 大约是地球半径的 60 倍, 地球表面的重力加速度为 g , 根据牛顿的猜想, 月球绕地球公转的周期为 ()

- A. $30\pi\sqrt{\frac{r}{g}}$ B. $30\pi\sqrt{\frac{g}{r}}$ C. $120\pi\sqrt{\frac{r}{g}}$ D. $120\pi\sqrt{\frac{g}{r}}$

【答案】C

【详解】 设地球半径为 R , 由题知, 地球表面的重力加速度为 g , 则有

$$mg = G \frac{M_{\text{地}}m}{R^2}$$

月球绕地球公转有

$$G \frac{M_{\text{地}}m_{\text{月}}}{r^2} = m_{\text{月}} \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

$$r = 60R$$

联立有

$$T = 120\pi\sqrt{\frac{r}{g}}$$

故选 C。

7. (2022·全国·高考真题) 2022 年 3 月, 中国航天员翟志刚、王亚平、叶光富在离地球表面约 400km 的“天宫二号”空间站上通过天地连线, 为同学们上了一堂精彩的科学课。通过直播画面可以看到, 在近地圆轨道上飞行的“天宫二号”中, 航天员可以自由地漂浮, 这表明他们 ()

- A. 所受地球引力的大小近似为零
 B. 所受地球引力与飞船对其作用力两者的合力近似为零
 C. 所受地球引力的大小与其随飞船运动所需向心力的大小近似相等
 D. 在地球表面上所受引力的大小小于其随飞船运动所需向心力的大小

【答案】C

【详解】ABC. 航天员在空间站中所受万有引力完全提供做圆周运动的向心力, 飞船对其作用力等于零, 故

C 正确，AB 错误；

D. 根据万有引力公式

$$F_{\text{万}} = G \frac{Mm}{r^2}$$

可知在地球表面上所受引力的大小大于在飞船所受的万有引力大小，因此地球表面引力大于其随飞船运动所需向心力的大小，故 D 错误。

故选 C。

8. (2021·山东·高考真题) 从“玉兔”登月到“祝融”探火，我国星际探测事业实现了由地月系到行星际的跨越。已知火星质量约为月球的 9 倍，半径约为月球的 2 倍，“祝融”火星车的质量约为“玉兔”月球车的 2 倍。在着陆前，“祝融”和“玉兔”都会经历一个由着陆平台支撑的悬停过程。悬停时，“祝融”与“玉兔”所受陆平台的作用力大小之比为 ()



A. 9:1

B. 9:2

C. 36:1

D. 72:1

【答案】B

【详解】悬停时所受平台的作用力等于万有引力，根据

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

可得

$$\frac{F_{\text{祝融}}}{F_{\text{玉兔}}} = G \frac{M_{\text{火}} m_{\text{祝融}}}{R_{\text{火}}^2} : G \frac{M_{\text{月}} m_{\text{玉兔}}}{R_{\text{月}}^2} = \frac{9}{2^2} \times 2 = \frac{9}{2}$$

故选 B。

9. (2020·山东·高考真题) 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

【详解】忽略星球的自转，万有引力等于重力

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

则

$$\frac{g_{\text{火}}}{g_{\text{地}}} = \frac{M_{\text{火}}}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{R_{\text{地}}^2}{R_{\text{火}}^2} = 0.1 \times \frac{1}{0.5^2} = 0.4$$

解得

$$g_{\text{火}} = 0.4g_{\text{地}} = 0.4g$$

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

$$f = mg + ma = m(0.4g + \frac{v_0}{t_0})$$

ACD 错误，B 正确。

故选 B。

10. (2020·全国·高考真题) 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

【详解】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

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{1}{10}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{2}$$

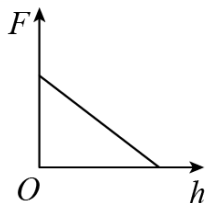
故联立以上公式可得

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{M_1 R_2^2}{M_2 R_1^2} = \frac{1}{10} \times \frac{4}{1} = 0.4$$

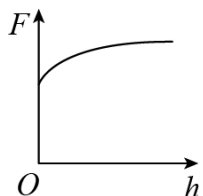
故选 B。

11. (2019·全国·高考真题) 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 ()

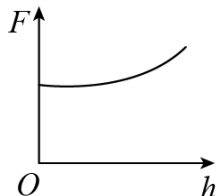
A.



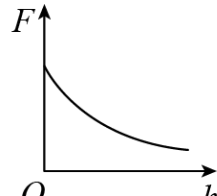
B.



C.



D.



【答案】D

【详解】根据万有引力定律可得

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

可得 h 越大, F 越小, 且 F 与 h 不是线性关系, ABC 错误, D 正确。

故选 D。

12. (2015·江苏·高考真题) 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 $\frac{1}{20}$, 该中心恒星与太阳的质量比约为 ()

A. $\frac{1}{10}$

B. 1

C. 5

D. 10

【答案】B

【详解】研究行星绕恒星做匀速圆周运动, 根据万有引力提供向心力可得

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

解得

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$$

“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的 $\frac{1}{20}$, 所以该中心恒星与太阳的质量比约为

$$k = \frac{\left(\frac{1}{20}\right)^3}{\left(\frac{4}{365}\right)^2} \approx 1$$

故选 B。

13. (2015·海南·高考真题) 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

【详解】平抛运动在水平方向上做匀速直线运动，则有

$$x = v_0 t$$

在竖直方向上做自由落体运动，则有

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

联立解得

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

两种情况下，抛出的速率相同，高度相同，所以有

$$\frac{g_{\text{行}}}{g_{\text{地}}} = \frac{7}{4}$$

根据行星表面处万有引力等于重力

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

可得

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

故有

$$\frac{g_{\text{行}}}{g_{\text{地}}} = \frac{\frac{M_{\text{行}}}{R_{\text{行}}^2}}{\frac{M_{\text{地}}}{R_{\text{地}}^2}} = \frac{7}{4}$$

解得

$$R_{\text{行}} = 2R_{\text{地}} = 2R$$

C 正确，ABD 错误；

故选 C。

14. (2018·北京·高考真题) 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 $\frac{1}{60^2}$
- B. 月球公转的加速度约为苹果落向地面加速度的 $\frac{1}{60^2}$

- C. 自由落体在月球表面的加速度约为地球表面的 $\frac{1}{6}$
- D. 苹果在月球表面受到的引力约为在地球表面的 $\frac{1}{60}$

【答案】B

【详解】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

$$\frac{GMM_{\text{月}}}{(60r)^2} = M_{\text{月}}a_{\text{月}}, \quad \frac{GMm}{r^2} = ma$$

整理可以得到

$$a_{\text{月}} = \frac{1}{60^2} a$$

故选项 B 正确；

C. 在地球表面处

$$G \frac{Mm'}{R_{\text{地}}^2} = m'g_{\text{地}}$$

在月球表面处

$$G \frac{M_{\text{月}}m'}{r_{\text{月}}^2} = m'g_{\text{月}}$$

由于地球、月球本身的半径大小、质量大小关系未知，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 由 C 可知，无法求出月球表面和地面表面重力加速度的关系，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。

故选 B。

15. (2018·全国·高考真题) 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. $5 \times 10^9 \text{ kg} / \text{m}^3$
- B. $5 \times 10^{12} \text{ kg} / \text{m}^3$
- C. $5 \times 10^{15} \text{ kg} / \text{m}^3$
- D. $5 \times 10^{18} \text{ kg} / \text{m}^3$

【答案】C

【详解】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；

故选 C

点睛：根据万有引力提供向心力并结合密度公式 $\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$ 求解即可。

16. (2017·海南·高考真题) 已知地球质量为月球质量的 81 倍，地球半径约为月球半径的 4 倍。若在月球和地球表面同样高度处，以相同的初速度水平抛出物体，抛出点与落地点间的水平距离分别为 $s_{\text{月}}$ 和 $s_{\text{地}}$ ，则 $s_{\text{月}}$ ： $s_{\text{地}}$ 约为()

A. 9: 4

B. 6: 1

C. 3: 2

D. 1: 1

【答案】A

【详解】设月球质量为 M' ，半径为 R' ，地球质量为 M ，半径为 R 。已知

$$\frac{M'}{M} = \frac{1}{81}, \quad \frac{R'}{R} = \frac{1}{4}$$

根据万有引力等于重力得

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

则有

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

因此

$$\frac{g}{g'} = \frac{81}{16} \dots \textcircled{1}$$

由题意从同样高度抛出

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}g't'^2 \dots \textcircled{2}$$

联立①、②解得

$$t' = \frac{9}{4}t$$

在地球上的水平位移

$$s_{\text{地}} = v_0 t$$

在月球上的

$$s_{\text{月}} = v_0 t'$$

因此得到

$$s_{\text{月}} : s_{\text{地}} = 9 : 4$$

故 A 正确，BCD 错误。

故选 A。

17. (2022·重庆·高考真题) 我国载人航天事业已迈入“空间站时代”。若中国空间站绕地球近似做匀速圆周运动，运行周期为 T ，轨道半径约为地球半径的 $\frac{17}{16}$ 倍，已知地球半径为 R ，引力常量为 G ，忽略地球自转的影响，则 ()

- A. 漂浮在空间站中的宇航员不受地球的引力
- B. 空间站绕地球运动的线速度大小约为 $\frac{17\pi R}{8T}$
- C. 地球的平均密度约为 $\frac{3\pi}{GT^2} \left(\frac{16}{17}\right)^3$
- D. 空间站绕地球运动的向心加速度大小约为地面重力加速度的 $\left(\frac{16}{17}\right)^2$ 倍

【答案】BD

【详解】A. 漂浮在空间站中的宇航员依然受地球的引力，所受引力提供向心力做匀速圆周运动而处于完全失重，视重为零，故 A 错误；

B. 根据匀速圆周运动的规律，可知空间站绕地球运动的线速度大小约为

$$v = \frac{2\pi \frac{17}{16} R}{T} = \frac{17\pi R}{8T}$$

故 B 正确；

C. 设空间站的质量为 m ，其所受万有引力提供向心力，有

$$G \frac{Mm}{\left(\frac{17}{16}R\right)^2} = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \left(\frac{17}{16}R\right)$$

则地球的平均密度约为

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \left(\frac{17}{16}\right)^3 \frac{3\pi}{GT^2}$$

故 C 错误；

D. 根据万有引力提供向心力，有

$$G \frac{Mm}{\left(\frac{17}{16}R\right)^2} = ma$$

则空间站绕地球运动的向心加速度大小为

$$a = \frac{GM}{\left(\frac{17}{16}R\right)^2}$$

地表的重力加速度为

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

可得

$$\frac{a}{g} = \left(\frac{16}{17}\right)^2$$

即空间站绕地球运动的向心加速度大小约为地面重力加速度的 $\left(\frac{16}{17}\right)^2$ 倍，故 D 正确。

故选 BD。

18. (2021·重庆·高考真题) 2021 年 5 月 15 日“祝融号”火星车成功着陆火星表面，是我国航天事业发展中具有里程碑意义的进展。此前我国“玉兔二号”月球车首次实现月球背面软着陆，若“祝融号”的质量是“玉兔二号”的 K 倍，火星的质量是月球的 N 倍，火星的半径是月球的 P 倍，火星与月球均视为球体，则 ()

- A. 火星的平均密度是月球的 $\frac{N}{P^3}$ 倍
- B. 火星的第一宇宙速度是月球的 \sqrt{NP} 倍
- C. 火星的重力加速度大小是月球表面的 $\frac{\sqrt{N}}{P}$ 倍
- D. 火星对“祝融号”引力的大小是月球对“玉兔二号”引力的 $\frac{KN}{P^2}$ 倍

【答案】AD

【详解】A. 根据密度的定义有

$$\rho = \frac{M}{V}$$

体积

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

可知火星的平均密度与月球的平均密度之比为

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/936122140005011003>