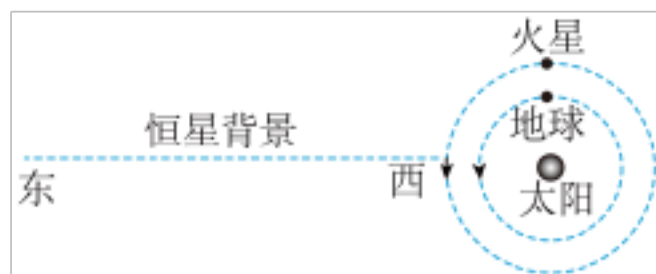


专项练习 05 万有引力定律和航天(共三节)

练习一

1、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

2、“祝融号”火星车需要“休眠”以度过火星寒冷的冬季。假设火星和地球的冬季是各自公转周期的四分之一，且火星的冬季时长约为地球的 1.88 倍。火星和地球绕太阳的公转均可视为匀速圆周运动。下列关于火星、地球公转的说法正确的是（ ）

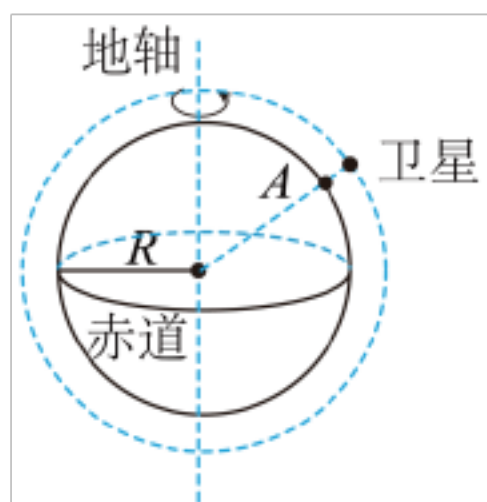
A. 火星公转的线速度比地球的大

B. 火星公转的角速度比地球的大

C. 火星公转的半径比地球的小

D. 火星公转的加速度比地球的小

3、“羲和号”是我国首颗太阳探测科学技术试验卫星。如图所示，该卫星围绕地球的运动视为匀速圆周运动，轨道平面与赤道平面接近垂直。卫星每天在相同时刻，沿相同方向经过地球表面 A 点正上方，恰好绕地球运行 n 圈。已知地球半径为地轴 R，自转周期为 T，地球表面重力加速度为 g，则“羲和号”卫星轨道距地面高度为（ ）



$$A. \frac{gR^2 T^2}{2n^2 \pi} R^{\frac{1}{3}}$$

$$B. \frac{gR^2 T^2}{2n^2 \pi} R^{\frac{1}{3}}$$

$$C. \frac{gR^2 T^2}{4n^2 \pi} R^{\frac{1}{3}}$$

$$D. \frac{gR^2 T^2}{4n^2 \pi} R^{\frac{1}{3}}$$

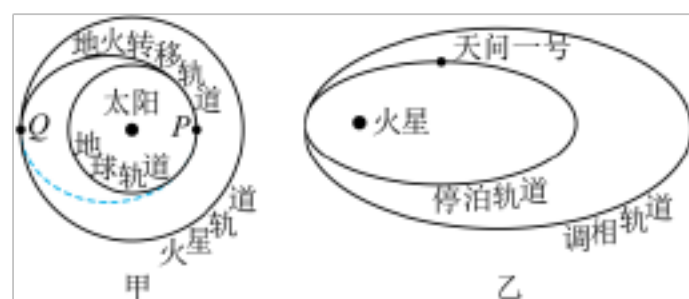
4、中国航天员翟志刚、王亚平、叶光富在离地球表面约400km的“天宫二号”空间站上通过天地连线，为同学们上了一堂精彩的科学课。通过直播画面可以看到，在近地圆轨道上飞行的“天宫二号”中，航天员可以自由地漂浮，这表明他们（ ）

- 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

5、神州十三号飞船采用“快速返回技术”，在近地轨道上，返回舱脱离天和核心舱，在圆轨道环绕并择机返回地面。则（ ）

- A. 天和核心舱所处的圆轨道距地面高度越高，环绕速度越大
- B. 返回舱中的宇航员处于失重状态，不受地球的引力
- C. 质量不同的返回舱与天和核心舱可以在同一轨道运行
- D. 返回舱穿越大气层返回地面过程中，机械能守恒

6、“天问一号”从地球发射后，在如图甲所示的P点沿地火转移轨道到Q点，再依次进入如图乙所示的调相轨道和停泊轨道，则天问一号（ ）



- A. 发射速度介于7.9km/s与11.2km/s之间
- B. 从P点转移到Q点的时间小于6个月
- C. 在环绕火星的停泊轨道运行的周期比在调相轨道上小
- D. 在地火转移轨道运动时的速度均大于地球绕太阳的速度

7.我国成功完成了天舟四号货运飞船与空间站的对接，形成的组合体在地球引力作用下绕地球做圆周运动，周期约90分钟。下列说法正确的是（ ）

- A. 组合体中的货物处于超重状态
- B. 组合体的速度大小略大于第一宇宙速度
- C. 组合体的角速度大小比地球同步卫星的大
- D. 组合体的加速度大小比地球同步卫星的小

参考答案

1 【答案】 CD

【解析】

A . 由题意根据开普勒第三定律可知

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

火星轨道半径大约是地球轨道半径的 1.5 倍，则可得

$$T_{火} = \sqrt{\frac{27}{8}} T_{地}$$

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。

2 【答案】 D

【解析】

由题意可知，火星的公转周期大于地球的公转周期

C. 根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ 可得

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

可知火星的公转半径大于地球的公转半径，故 C 错误；

A. 根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ 可得

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

结合 C 选项，可知火星的公转线速度小于地球的公转线速度，故 A 错误；

B. 根据 $\frac{2\pi}{T}$ 可知火星公转的角速度小于地球公转的角速度，故 B 错误；

D. 根据 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$ 可得

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

可知火星公转的加速度小于地球公转的加速度，故 D 正确。

故选 D。

3 【答案】 C

【解析】

地球表面的重力加速度为 g ，根据牛顿第二定律得

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

解得

$$GM = gR^2$$

根据题意可知，卫星的运行周期为

$$T = \frac{T}{n}$$

根据牛顿第二定律，万有引力提供卫星运动的向心力，则有

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

联立解得

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

故选 C。

4 【答案】 C

【解析】

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。

5 【答案】 C

【解析】

AC . 根据

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

可得

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

可知圆轨道距地面高度越高，环绕速度越小；而只要速度相同了就可以在同一轨道运行，与返回舱和天和核心舱的质量无关，故 A 错误，C 正确；

B . 返回舱中的宇航员处于失重状态，仍然受到地球引力作用，地球的引力提供宇航员绕地球运动的向心力，故 B 错误；

D . 返回舱穿越大气层返回地面过程中，有阻力做功产生热量，机械能减小，故 D 错误。

故选 C。

6【答案】C

【解析】

A. 因发射的卫星要能变轨到绕太阳转动, 则发射速度要大于第二宇宙速度, 即发射速度介于 11.2km/s 与 16.7km/s 之间, 故 A 错误;

B. 因 P 点转移到 Q 点的转移轨道的半长轴大于地球公转轨道半径, 则其周期大于地球公转周期 (1 年共 12 个月), 则从 P 点转移到 Q 点的时间为轨道周期的一半时间应大于 6 个月, 故 B 错误;

C. 因在环绕火星的停泊轨道的半长轴小于调相轨道的半长轴, 则由开普勒第三定律可知在环绕火星的停泊轨道运行的周期比在调相轨道上小, 故 C 正确;

D. 卫星从 P 点变轨时, 要加速增大速度, 此后做离心运动速度减小, 则在地火转移轨道运动时的速度 P 点速度大于地球绕太阳的速度, 故 D 错误;

故选 C。

7【答案】C

【解析】

【详解】A. 组合体在天上只受万有引力的作用, 则组合体中的货物处于失重状态, A 错误;

B. 由题知组合体在地球引力作用下绕地球做圆周运动, 而第一宇宙速度为最大的环绕速度, 则组合体的速度大小不可能大于第一宇宙速度, B 错误;

C. 已知同步卫星的周期为 24h, 则根据角速度和周期的关系有

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

由于 $T_{\text{同}} > T_{\text{组合体}}$, 则组合体的角速度大小比地球同步卫星的大, C 正确;

D. 由题知组合体在地球引力作用下绕地球做圆周运动, 有

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

整理有

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

由于 $T_{\text{同}} > T_{\text{组合体}}$, 则 $r_{\text{同}} > r_{\text{组合体}}$, 且同步卫星和组合体在天上有

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

则有

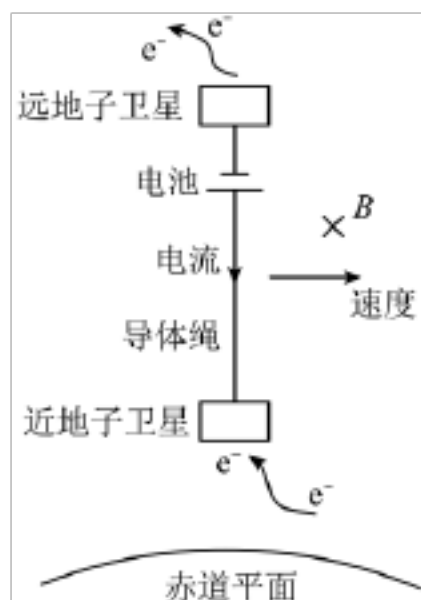
$$a_{\text{同}} < a_{\text{组合体}}$$

D 错误。

故选 C。

练习二

1. 迷你系绳卫星在地球赤道正上方的电离层中，沿圆形轨道绕地飞行。系绳卫星由两子卫星组成，它们之间的导体绳沿地球半径方向，如图所示。在电池和感应电动势的共同作用下，导体绳中形成指向地心的电流，等效总电阻为 r 。导体绳所受的安培力克服大小为 f 的环境阻力，可使卫星保持在原轨道上。已知卫星离地平均高度为 H ，导体绳长为 L $L \ll H$ ，地球半径为 R ，质量为 M ，轨道处磁感应强度大小为 B ，方向垂直于赤道平面。忽略地球自转的影响。据此可得，电池电动势为（ ）



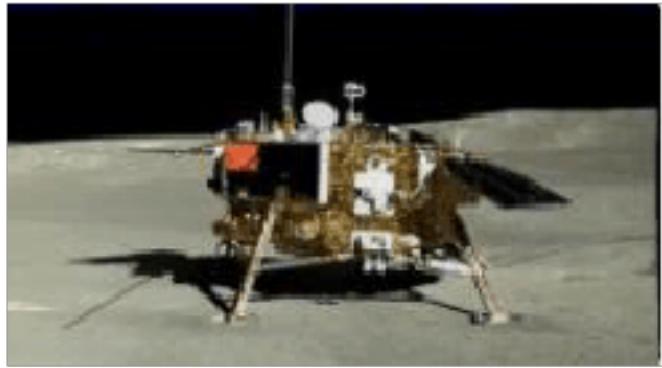
A. $BL\sqrt{\frac{GM}{R-H}} - \frac{fr}{BL}$

B. $BL\sqrt{\frac{GM}{R-H}} + \frac{fr}{BL}$

C. $BL\sqrt{\frac{GM}{R-H}} + \frac{BL}{fr}$

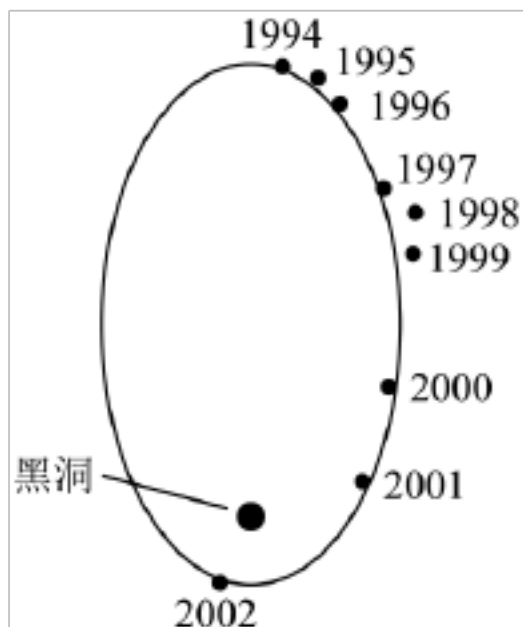
D. $BL\sqrt{\frac{GM}{R-H}} - \frac{BL}{fr}$

2. 从“玉兔”登月到“ ”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，“ ”火星车的质量约为“玉兔”月球车的 2 倍。在着陆前，“ ”和“玉兔”都会经历一个由着陆平台支撑的悬停过程。悬停时，“ ”与“玉兔”所受陆平台的作用力大小之比为（ ）



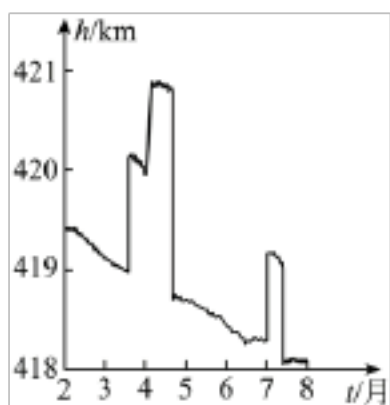
- A. 9:1 B. 9:2 C. 36:1 D. 72:1

3. 科学家对银河系中心附近的恒星 S2 进行了多年的持续观测，给出 1994 年到 2002 年间 S2 的位置如图所示。科学家认为 S2 的运动轨迹是半长轴约为 1000AU（太阳到地球的距离为 1AU）的椭圆，银河系中心可能存在超大质量黑洞。这项研究工作获得了 2020 年诺贝尔物理学奖。若认为 S2 所受的作用力主要为该大质量黑洞的引力，设太阳的质量为 M ，可以推测出该黑洞质量约为（ ）



- A. $4 \times 10^4 M$ B. $4 \times 10^6 M$ C. $4 \times 10^8 M$ D. $4 \times 10^{10} M$

4.（空间站在地球外层的稀薄大气中绕行，因气体阻力的影响，轨道高度会发生变化。空间站安装有发动机，可对轨道进行修正。图中给出了国际空间站在 2020.02-2020.08 期间离地高度随时间变化的曲线，则空间站（ ）



- A. 绕地运行速度约为 2.0km/s
 B. 绕地运行速度约为 8.0km/s
 C. 在 4 月份绕行的任意两小时内机械能可视为守恒
 D. 在 5 月份绕行的任意两小时内机械能可视为守恒
5. 我国自主研发的空间站“天和”核心舱成功发射并入轨运行，若核心舱绕地球的运行可视为匀速圆周运动，已知引力常量，由下列物理量能计算出地球质量的是（ ）

- A. 核心舱的质量和绕地半径
- B. 核心舱的质量和绕地周期
- C. 核心舱的绕地角速度和绕地周期
- D. 核心舱的绕地线速度和绕地半径

6. “祝融号”火星车登陆火星之前，“天问一号”探测器沿椭圆形的停泊轨道绕火星飞行，其周期为2个火星日，假设某飞船沿圆轨道绕火星飞行，其周期也为2个火星日，已知一个火星日的时长约为一个地球日，火星质量约为地球质量的0.1倍，则该飞船的轨道半径与地球同步卫星的轨道半径的比值约为（ ）

- A. $\sqrt{4}$
- B. $\sqrt[3]{\frac{1}{4}}$
- C. $\sqrt[3]{\frac{5}{2}}$
- D. $\sqrt[3]{\frac{2}{5}}$

7. 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 1.8×10^5 s的椭圆形停泊轨道，轨道与火星表面的最近距离约为 2.8×10^4 m。已知火星半径约为 3.4×10^6 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. $6 \times 10^6 \text{m}$
- B. $6 \times 10^7 \text{m}$
- C. $6 \times 10^8 \text{m}$
- D. $6 \times 10^9 \text{m}$

8. 嫦娥五号探测器是我国首个实施月面采样返回的航天器，由轨道器、返回器、着陆器和上升器等多个部分组成。为等待月面采集的样品，轨道器与返回器的组合体环月做圆周运动。已知引力常量 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ ，地球质量 $m = 6.0 \times 10^{24} \text{kg}$ ，月球质量 $m_2 = 7.3 \times 10^{22} \text{kg}$ ，月地距离 $r_1 = 3.8 \times 10^8 \text{m}$ ，月球半径 $r_2 = 1.7 \times 10^6 \text{m}$ 。当轨道器与返回器的组合体在月球表面上方约200km处做环月匀速圆周运动时，其环绕速度约为（ ）

- A. 16m/s
- B. $1.1 \times 10^3 \text{m/s}$
- C. $1.6 \times 10^3 \text{m/s}$
- D. $1.4 \times 10^3 \text{m/s}$

9. 2021年4月29日，中国空间站天和核心舱发射升空，准确进入预定轨道。根据任务安排，后续将发射问天实验舱和梦天实验舱，计划2022年完成空间站在轨建造。核心舱绕地球飞行的轨道可视为圆轨道，轨道离地面的高度约为地球半径的 $\frac{1}{16}$ 。下列说法正确的是（ ）

- A. 核心舱进入轨道后所受地球的万有引力大小约为它在地面时的 $\frac{16}{17}$ 倍
- B. 核心舱在轨道上飞行的速度大于 7.9km/s
- C. 核心舱在轨道上飞行的周期小于24h
- D. 后续加挂实验舱后，空间站由于质量增大，轨道半径将变小

参考答案

1 【答案】 A

【解析】

根据

$$G \frac{Mm}{(R+H)^2} = m \frac{v^2}{(R+H)}$$

可得卫星做圆周运动的线速度

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

根据右手定则可知，导体绳产生的感应电动势相当于上端为正极的电源，其大小为

$$E' = BLv$$

因导线绳所受阻力 f 与安培力 F 平衡，则安培力与速度方向相同，可知导线绳中的电流方向向下，即电池电动势大于导线绳切割磁感线产生的电动势，可得

$$f = B \frac{E - E'}{r} L$$

解得

$$E = BL \sqrt{\frac{GM}{R+H}} + \frac{fr}{BL}$$

故选 A。

2 【答案】 B

【解析】

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

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

故选 B。

3 【答案】 B

【解析】

可以近似把 S2 看成匀速圆周运动，由图可知，S2 绕黑洞的周期 $T=16$ 年，地球的公转周期 $T_0=1$ 年，S2 绕黑洞做圆周运动的半径 r 与地球绕太阳做圆周运动的半径 R 关系是

$$r = 1000R$$

地球绕太阳的向心力由太阳对地球的引力提供，由向心力公式可知

$$G \frac{Mm}{R^2} = mR \omega^2 = mR \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2$$

解得太阳的质量为

$$M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT_0^2}$$

同理 S2 绕黑洞的向心力由黑洞对它的万有引力提供，由向心力公式可知

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

解得黑洞的质量为

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

综上所述可得

$$M_x = 3.90 \times 10^6 M$$

故选 B。

4 【答案】 D

【解析】

AB . 卫星贴近地面做匀速圆周运动的线速度大小设为 v_1 ，此速度为第一宇宙速度，即 $v_1=7.9\text{km/s}$ 地球半径约为 6400km ，则空间站离地高度在 $418\text{km} \sim 421\text{km}$ 之间。由

$$\frac{GMm}{R^2} = mg, \quad \frac{GMm}{(R+h)^2} = \frac{mv^2}{R+h}$$

解得

$$v = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$$

空间站距离地面的最小高度约为 $h=418\text{km} < R=6400\text{km}$ ，则

$$v_2 = \frac{v}{\sqrt{2}} = \frac{7.9}{\sqrt{2}} \text{km/s} = 5.58 \text{km/s}$$

所以空间站绕地运行速度

$$5.58 \text{km/s} < v_2 < 7.9 \text{km/s}$$

故 AB 错误；

C. 在4月份轨道半径出现明显的变大, 则可知, 机械能不守恒, 故C错误;

D. 在5月份轨道半径基本不变, 故可视为机械能守恒, 故D正确。

故选D。

5【答案】D

【解析】

根据核心舱做圆周运动的向心力由地球的万有引力提供, 可得

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

可得

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

可知已知核心舱的质量和绕地半径、已知核心舱的质量和绕地周期以及已知核心舱的角速度和绕地周期, 都不能求解地球的质量; 若已知核心舱的绕地线速度和绕地半径可求解地球的质量。

故选D。

6【答案】D

【解析】

绕中心天体做圆周运动, 根据万有引力提供向心力, 可得

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

则

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

由于一个火星日的时长约为一个地球日, 火星质量约为地球质量的0.1倍, 则飞船的轨道半径

$$R_{\text{飞}} = \sqrt[3]{\frac{GM_{\text{火}} (2T)^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{G \cdot 0.1 M_{\text{地}} \cdot 4 \frac{4\pi^2 R_{\text{同}}^3}{GM_{\text{地}}}}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{2}{5}} R_{\text{同}}$$

则

$$\frac{R_{\text{飞}}}{R_{\text{同}}} = \sqrt[3]{\frac{2}{5}}$$

故选D。

7【答案】C【解析】

忽略火星自转则

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/098074016130007004>