

考点巩固卷 27 重力加速度 g 的计算及其应用

建议用时：50 分钟

考点序号	考点	题型分布
考点 1	太空中的重力加速度	5 单选+1 多选
考点 2	地下深度 h 处的重力加速度	1 单选+1 解答
考点 3	地球表面的重力加速度	5 单选+1 多选
考点 4	不同天体表面的重力加速度	4 单选+2 多选

考点 01：太空中的重力加速度（5 单选+1 多选）

一、单选题

1. (2023 山西 统考高考真题) 2023 年 5 月，世界现役运输能力最大的货运飞船天舟六号，携带约 5800kg 的物资进入距离地面约 400km（小于地球同步卫星与地面的距离）的轨道，顺利对接中国空间站后近似做匀速圆周运动。对接后，这批物资（ ）

- A. 质量比静止在地面上时小 B. 所受合力比静止在地面上时小
C. 所受地球引力比静止在地面上时大 D. 做圆周运动的角速度大小比地球自转角速度大

【答案】D

【详解】A. 物体在低速（速度远小于光速）宏观条件下质量保持不变，即在空间站和地面质量相同，故 A 错误；

BC. 设空间站离地面的高度为 h ，这批物质在地面上静止合力为零，在空间站所受合力为万有引力即

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

在地面受地球引力为

$$F_1 = \frac{GMm}{R^2}$$

因此有 $F_1 > F$ ，故 BC 错误；

D. 物体绕地球做匀速圆周运动万有引力提供向心力

$$\frac{GMm}{r^2} = m \omega^2 r$$

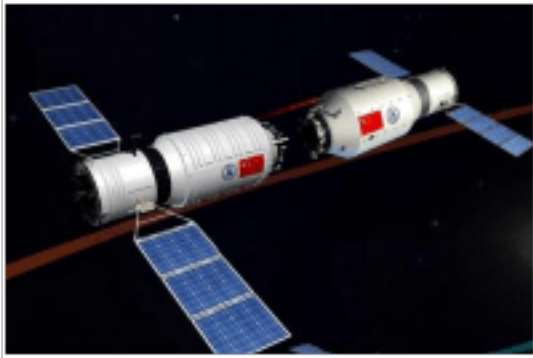
解得

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

这批物质在空间站内的轨道半径小于同步卫星的轨道半径，因此这批物质的角速度大于同步卫星的角速度，同步卫星的角速度等于地球自转的角速度，即这批物质的角速度大于地球自转的角速度，故 D 正确。

故选 D。

2. (2023 安徽安庆 安庆一中校考三模) 2022 年 11 月 1 日, 我国航空实验舱与“天宫”空间站在轨完成交会对接, 如图所示。已知空间站的质量为 m , 离地面的高度为 h , 地球的半径为 R , 若空间站可视为绕地心做匀速圆周运动, 忽略地球自转, 地球表面的重力加速度为 g , 引力常量为 G 。则下列说法正确的是 ()



A. 由于航天员在空间站里处于漂浮状态, 故不受重力

B. 空间站运行的动能为 $\frac{1}{2}mgR$

C. 空间站运行轨道处的重力加速度为 $\frac{gR}{R+h}$

D. 空间站的周期为 $2\sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}}$

【答案】D

【详解】A. 宇航员在空间站里处于完全失重状态, 但是受重力, 重力充当向心力, 故 A 错误;

B. 空间站所受万有引力提供向心力有

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

在地表附近有

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

空间站的动能为

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

解得

$$E_k = \frac{mgR^2}{2(R+h)}$$

故 B 错误;

C. 根据万有引力与重力的关系有有

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

解得

$$g = \frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{R^2}{(R+h)^2} g$$

故 C 错误；

D. 由牛顿第二定律有

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

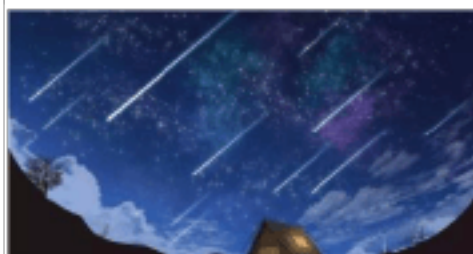
解得

$$T = 2\sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}}$$

故 D 正确。

故选 D。

3. (2023 河南 校联考模拟预测) 运行在星际间的流星体 (通常包括宇宙尘粒和固体块等空间物质), 在接近地球时由于受到地球引力的摄动而被地球吸引, 从而进入大气层, 并与大气摩擦燃烧产生光迹。夜空中的流星非常美丽, 人们常赋予它美好的意义, 认为看到流星并对它进行许愿就能实现心愿。若某流星距离地面高度为一个地球半径, 地球北极的重力加速度为 g , 则流星的加速度为 ()



A. $\frac{g}{2}$

B. $\frac{g}{4}$

C. $\frac{g}{3}$

D. $\frac{g}{5}$

【答案】B

【详解】设地球的质量为 M , 万有引力常量为 G , 由于地球北极的重力加速度为 g , 所以

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

解得

$$GM = gR^2$$

若流星的质量为 m_0 , 则流星受到的万有引力

$$F = \frac{GMm_0}{4R^2}$$

由牛顿第二定律得

$$F = m_0 a$$

解得流星的加速度

$$a = \frac{g}{4}$$

故选 B。

4. (2023 天津和平 耀华中学校考一模) 2022 年 11 月 30 日 7 时 33 分, 神舟十五号 3 名航天员顺利进驻中国空间站, 与神舟十四号航天员乘组首次实现“太空会师”。神舟十五号绕地球在距地面高度为 h 的轨道做匀速圆周运动。已知地球的半径为 R , 地球表面的重力加速度为 g , 万有引力常量为 G 。下列说法正确的是()

- A. 神舟十五号运行的周期为 $2\sqrt{\frac{R}{g}}$
- B. 神舟十五号运行的线速度为 $\sqrt{g(R+h)}$
- C. 神舟十五号轨道处的重力加速度为 $(\frac{R}{R+h})^2 g$
- D. 地球的平均密度为 $\frac{3g}{4GR^2}$

【答案】 C

【详解】 A. 设地球的质量为 M , 在地球表面物体的质量为 m , 则由万有引力等于重力, 有

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

可得

$$GM = gR^2$$

神舟十五号绕地球做圆周运动, 设其质量为 m_0 , 运行周期为 T , 由万有引力充当向心力有

$$G \frac{Mm_0}{(R+h)^2} = m_0 \frac{4\pi^2}{T^2} (R+h)$$

解得

$$T = 2\sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}}$$

故 A 错误;

B. 由万有引力充当向心力有

$$G \frac{Mm_0}{(R+h)^2} = m_0 \frac{v^2}{R+h}$$

解得

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

故 B 错误；

C. 设神舟十五号轨道处的重力加速度为 g_0 ，则由牛顿第二定律有

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m_0 g_0$$

解得

$$g_0 = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 g$$

故 C 正确；

D. 地球的体积为

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

可得地球的平均密度为

$$\frac{M}{V} = \frac{gR^2}{G} \cdot \frac{3}{4 R^3} = \frac{3g}{4 RG}$$

故 D 错误。

故选 C。

5. (2023 河南南阳 南阳中学校考三模) 在科幻题材的电影或动画中，经常提到太空电梯，建造太空电梯需要高强度的材料，目前纳米材料的抗拉强度几乎比钢材还高出 100 倍，使人们设想的太空电梯成为可能。

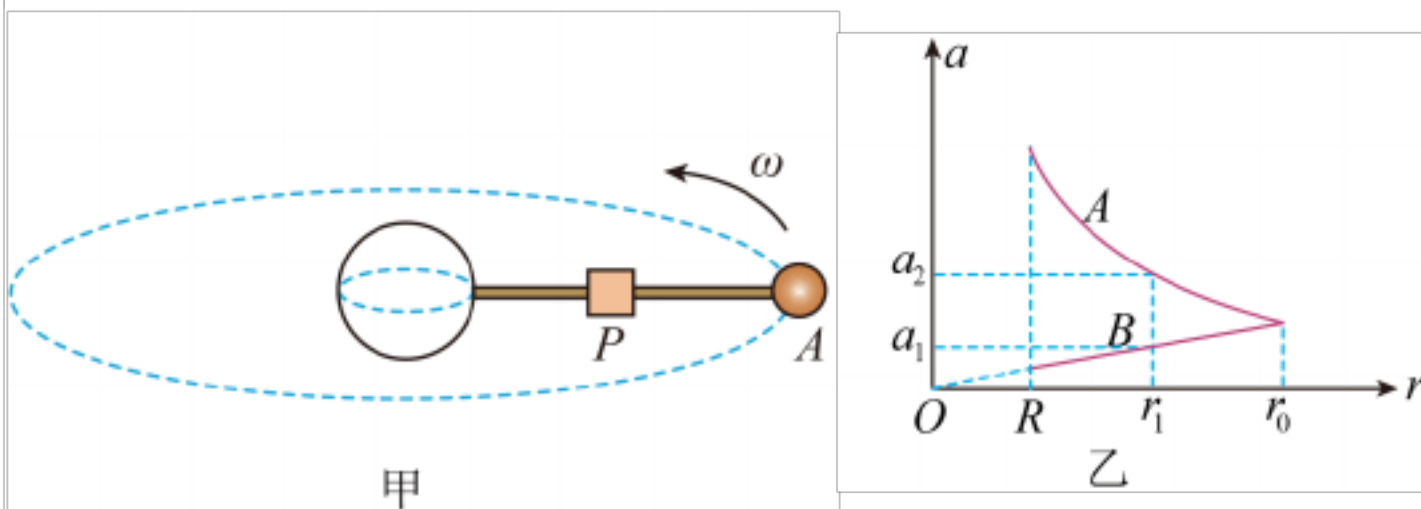
其工作原理是从同步卫星高度的太空站竖直放下由纳米材料做成的太空电梯，另一端固定在赤道上，这样

太空电梯随地球一起旋转，如图甲所示。当航天员乘坐太空电梯时，图乙中 r 为航天员到地心的距离， R 为

地球半径， $a-r$ 图像中的图线 A 表示地球引力对航天员产生的加速度大小与 r 的关系，图线 B 表示航天员

在太空电梯中随地球同步旋转所需要的向心加速度大小与 r 的关系，当 $r=r_1$ 时，两图线加速分别为 a_1 、 a_2 ，

引力常量 G 已知。下列说法正确的是 ()



A. 航天员在 $r=R$ 处的线速度大小等于第一宇宙速度

B. a_2 小于地球表面重力加速度 g

C. 根据 r_1 与 a_1 的值可以计算地球质量

D. 随着 r 的增大, 航天员运动的线速度一直减小

【答案】 B

【详解】 A. 地球同步卫星的线速度小于第一宇宙速度, 航天员在 $r > R$ 处的线速度小于地球同步卫星的线速度, 所以小于第一宇宙速度, A 错误;

B. 根据

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

可知 a_2 小于地球表面重力加速度 g , B 正确;

C. 因为航天员在太空电梯中随地球同步旋转, 所以万有引力不等于向心力, 所以根据 r_1 与 a_1 的值无法计算地球质量, C 错误;

D. 根据

$$v = \omega r$$

随着 r 的增大, 航天员运动的线速度一直增大, D 错误。

故选 B。

二、多选题

6. (2023 北京海淀 统考模拟预测) 某科研小组在某深为 d 的矿井处测得一单摆的周期为 T , 先将这同一单摆移到地面测得其周期为 T_0 ; 再将这一单摆移到某高山顶上测得其周期也是 T , 假定地球的密度均匀。已知质量均匀分布的球壳对壳内物体的引力为零, 万有引力常数为 G 。则根据题给已知条件可以求出的物理量正确的是 ()

A. 地球的半径 R

B. 地球的质量 M

C. 地球表面的重力加速 g

D. 高山的海拔高度 h

【答案】 AD

【详解】 设地球密度为 ρ , 单摆的摆长为 L , 山顶到地球表面的高度为 h , 在某深为 d 的矿井处,

$$mg_1 = \frac{G \frac{4}{3} \pi (R-d)^3 \rho}{4\pi (R-d)^2} = G \frac{4}{3} \pi (R-d) \rho$$

此处单摆的周期为

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g_1}} = 2\pi \sqrt{\frac{3L}{G(R-d)}}$$

在地球表面处

$$mg = \frac{GMm}{R^2} - \frac{G \frac{4}{3} R^3 m}{R^2} = G \frac{4}{3} Rm$$

此处单摆的周期为

$$T_0 = 2\sqrt{\frac{L}{g}} = \sqrt{\frac{3L}{G R}}$$

在山顶处

$$mg_2 = \frac{GMm}{(R-h)^2} - \frac{G \frac{4}{3} R^3 m}{(R-h)^2}$$

此处的周期为

$$T = 2\sqrt{\frac{L}{g_2}} = \sqrt{\frac{3L(R-h)^2}{G R^3}}$$

解得

$$R = \frac{dT^2}{T_0^2}$$

根据矿井处和山顶处单摆周期相等

$$\sqrt{\frac{3L}{G(R-d)}} = \sqrt{\frac{3L(R-h)^2}{G R^3}}$$

即

$$R-h^2 = (R-d) R^3$$

在已知地球半径的情况下可求出山顶到地面的高度 h ，由于不知道地球的密度，所以无法求出地球的质量，也无法求得地球表面的重力加速度。

故选 AD。

考点 02：地下深度 h 处的重力加速度（1 单选+1 解答）

一、单选题

1.（2023 辽宁 模拟预测）在刘慈欣的科幻小说《带上她的眼睛》里演绎了这样一个故事：“落日六号”地层飞船深入地球内部进行探险，在航行中失事后下沉到船上只剩下一名年轻的女领航员，她只能在封闭的地心度过余生。已知地球可视为半径为 R 、质量分布均匀的球体，且均匀球壳对壳内质点的引力为零。若地球表面的重力加速度为 g ，当“落日六号”位于地面以下深 $0.5R$ 处时，该处的重力加速度大小为（ ）

A. $0.25g$

B. $0.5g$

C. g

D. $2g$

【答案】B

【分析】考查均匀球壳表面的万有引力。

【详解】设地球表面物体质量为 m ，重力加速度为 g ，由万有引力定律得

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

地球的质量

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

重力加速度的表达式为

$$g = \frac{4}{3} G \rho R$$

地面以下深 $0.5R$ 处的重力加速度大小为

$$g' = \frac{4}{3} G \rho \frac{R}{2} = 0.5g$$

故 ACD 错误，B 项正确。

故选 B。

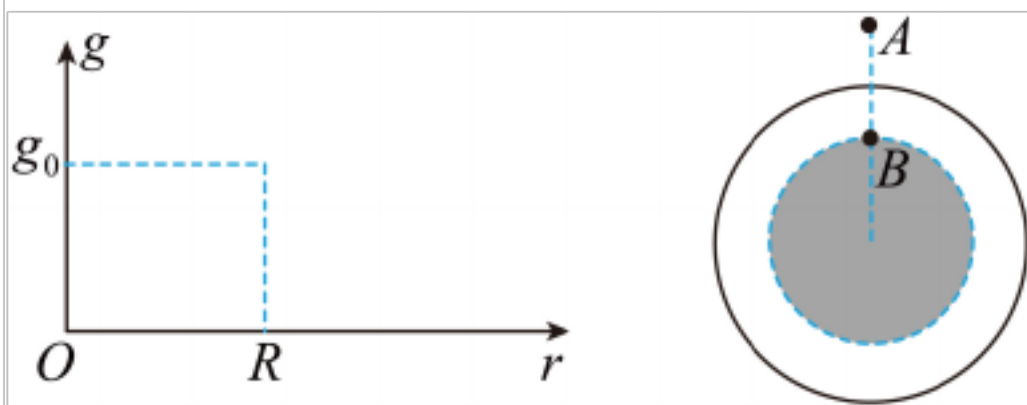
二、解答题

2. (2023 全国 模拟预测) 如图所示，假定地球为密度均匀分布的球体，忽略地球的自转，已知地球的半径为 R 。理论和实验证明：质量均匀分布的球壳对壳内物体的万有引力为零。求：

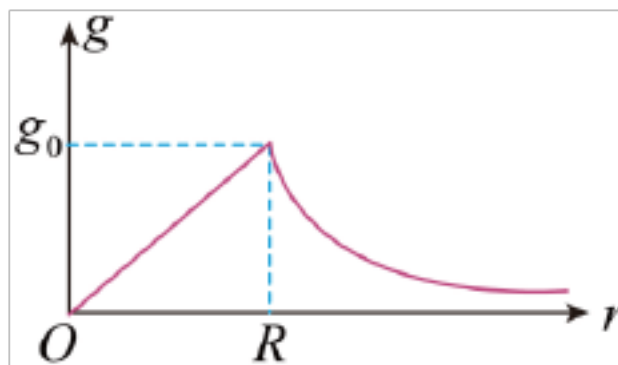
(1) 地面上方高 h 的山顶 A 处和地面处重力加速度大小之比 $g_A : g_0$ ；

(2) 地面下方深 h 的矿井底 B 处和地面处重力加速度大小之比 $g_B : g_0$ ；

(3) 根据上述两问的结论，定性做出重力加速度 g 随离地心的距离 r 而变化的函数曲线 (下图中 R 为地球半径， g_0 为地球表面处的重力加速度)。



【答案】(1) $\frac{g}{g_0} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$; (2) $\frac{g}{g_0} = \frac{R-h}{R}$; (3)



【详解】(1) 忽略地球自转，万有引力等于重力

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

$$g = \frac{GM}{r^2} = \frac{1}{r^2}$$

得

$$\frac{g}{g_0} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

(2) B 以外的球壳对 B 处物体的万有引力为零，设地球总质量为 M ，B 以内部分地球的总质量为 M' ，均匀球体质量

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

因此

$$\frac{M'}{M} = \frac{R^3}{(R+h)^3}$$

重力加速度

$$g = \frac{GM'}{r^2} = \frac{M}{r^2}$$

得

$$\frac{g}{g_0} = \frac{(R-h)^3}{R^3} = \frac{R-h}{R} \cdot \frac{R^2}{(R-h)^2} = \frac{R-h}{R}$$

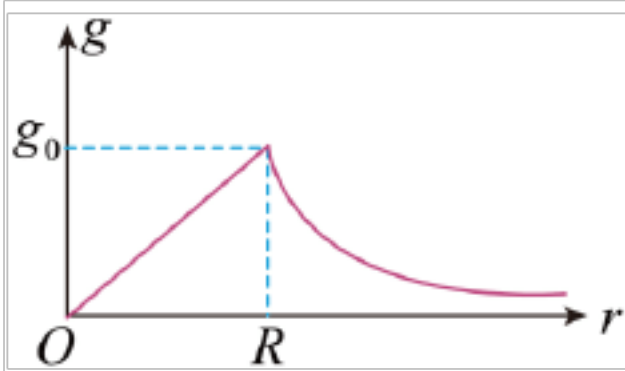
(3) 根据以上分析，当离地心的距离 r 小于等于地球半径时，有

$$g = \frac{r}{R} g_0$$

当离地心的距离 r 大于地球半径时，有

$$g = \frac{R^2}{r^2} g_0$$

如图所示



考点 3: 地球表面的重力加速度 (5 单选+1 多选)

一、单选题

1. (2023 黑龙江哈尔滨 哈九中校考模拟预测) 假定地球为密度均匀分布的球体, 球半径为 R 。某单摆在地面处做简谐运动的周期 T_1 与在某矿井底部做简谐运动的周期 T_2 之间满足 $T_1 = \sqrt{k}T_2$ ($0 < k < 1$)。忽略地球的自转, 已知质量均匀分布的球壳对壳内物体的万有引力为零, 则该矿井底部离地面的距离为 ()

- A. $(1-k)R$ B. $(1-\frac{1}{\sqrt{k}})R$ C. kR D. $\sqrt{k}R$

【答案】 A

【详解】 球壳部分对物体的万有引力 0, 则矿井内重力加速度

$$g = G \frac{M}{(R-d)^2}$$

其中

$$M = \frac{4}{3} \pi (R-d)^3 \rho$$

则

$$g = \frac{4}{3} \pi G \rho (R-d)$$

又地面处重力加速度

$$g_0 = \frac{4}{3} \pi G \rho R$$

则

$$\frac{g}{g_0} = \frac{R-d}{R}$$

根据单摆周期公式可知

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g_0}}, \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

且

$$T_1 = \sqrt{k}T_2$$

解得

$$d = (1 - k)R$$

故选 A。

2. (2023 河南开封 统考三模) 假定月球为质量分布均匀的球体, 其半径为 R , 在月球表面测得重力加速度为 g_0 , 设 g 为距离月球表面高度为 h 时的重力加速度. 当 h 比 R 小得多时, g 和 g_0 的关系式近似为 ()

[当 $x \ll 1$ 时, 数学近似公式为 $1 - x^n \approx 1 - nx$]

A. $g = g_0 \left(1 - \frac{2h}{R}\right)$

B. $g = g_0 \left(1 - \frac{h}{R}\right)$

C. $g = g_0 \frac{1}{1 - \frac{2h}{R} - \frac{h^2}{R^2}}$

D. $g = g_0 \left(1 - \frac{2h}{R}\right)$

【答案】D

【详解】物体在月球表面时, 有

$$\frac{GMm}{R^2} = mg_0$$

物体距离月球表面高度为 h 时, 有

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

联立可得

$$\frac{g}{g_0} = \frac{R^2}{(R + h)^2} = \frac{1}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2} \approx 1 - 2\frac{h}{R}$$

可得

$$g = \frac{g_0}{1 - \frac{2h}{R}} = \frac{g_0 \left(1 - \frac{2h}{R}\right)}{\left(1 - \frac{2h}{R}\right) \left(1 - \frac{2h}{R}\right)} = \frac{g_0 \left(1 - \frac{2h}{R}\right)}{1 - \left(\frac{2h}{R}\right)^2} \approx g_0 \left(1 - \frac{2h}{R}\right)$$

故选 D。

3. (2023 北京丰台 统考二模) 如图所示, 地球绕太阳的运动可看作匀速圆周运动。已知地球质量为 m , 地球的轨道半径为 r , 公转周期为 T , 太阳质量为 M , 引力常量为 G 。下列说法正确的是 ()

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/596241054231011004>