

万有引力定律的内容和基本应用

一、万有引力定律的内容

1. 文字表述

任何两个有质量的物体之间都存在相互吸引的力，引力的大小与两物体质量的乘积成正比，与它们之间距离的平方成反比，方向沿两物体的连线方向。

2. 公式表达

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- 符号含义：

- F ：万有引力大小（单位：牛顿，N）；
- G ：万有引力常量， $G \approx 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ ；
- m_1, m_2 ：两物体的质量（单位：kg）；
- r ：两物体质心间的距离（单位：m）。

3. 适用条件

- 两物体为质点（或均匀球体，此时 r 为球心间距）；
- 适用于宏观低速弱引力场（不适用于黑洞等极端情况）。

二、核心理解与物理意义

1. 引力与质量的关系

- 质量是引力的来源，质量越大，引力越强（正比于 $m_1 m_2$ ）；
- **引力常量 G 的意义**：反映引力作用的强度，数值极小，说明日常物体间的引力可忽略。

2. 平方反比律

- 距离增加时，引力迅速衰减（如距离变为 2 倍，引力减为 1/4）；
- 解释天体间引力主导而日常物体引力微弱的原因。

3. 引力的矢量性

- 引力方向沿两物体连线，遵循牛顿第三定律（作用力与反作用力等大反向共线）。

4. 与重力、向心力的联系

- 地球表面物体的重力近似等于地球对物体的万有引力（忽略自转离心力）：

$$mg = G \frac{M_{\text{地}} m}{R_{\text{地}}^2} \Rightarrow g = \frac{GM_{\text{地}}}{R_{\text{地}}^2}$$

- 天体运动中的向心力由万有引力提供：

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

5. 质量分布均匀的球壳对壳内任一质点的万有引力为零。

1. 关于物理学发展，下列表述正确的是（ ）

- A.哥白尼提出了“地心说”，认为地球位于宇宙的中心
- B.牛顿提出了三条运动定律及万有引力定律，并利用扭秤装置较准确地测出了引力常量
- C.经典力学是许多科学家经过艰苦探索才完成的科学理论，经典力学适用于一切情况
- D.开普勒通过对天体运动的长期研究，发现了行星运动三定律

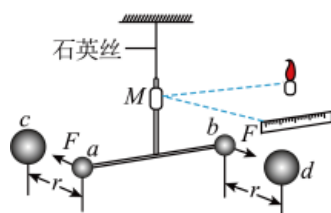
【答案】 D

2. 万有引力定律表达式 $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 中， G 的单位正确的是（ ）

- A. $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$
- B. $\text{kg}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
- C. $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- D. $\text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$

【答案】 D

3. 如图为 _____ 扭秤实验，该实验验证了万有引力定律，在物理量测量中所使用的科学方法是 _____ 。



【答案】 卡文迪许

微小量放大

4. 对于万有引力的表达式 $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ，下列说法正确的是（ ）

- A. 公式中的 G 为引力常量，它是由实验得出的，而不是人为规定的
- B. 当 r 趋近于零时，万有引力趋近于无穷大
- C. 质量为 m_1 的物体和质量为 m_2 的物体受到的引力总是大小相等，而与 m_1 、 m_2 是否相等无关
- D. 质量为 m_1 的物体与质量为 m_2 的物体受到的引力总是大小相等、方向相反，是一对平衡力

【答案】 AC

5. 2023 年 10 月，我国在西昌卫星发射中心使用长征二号丁运载火箭，成功将遥感三十九号卫星发射升空，卫星顺利进入预定轨道。在卫星逐渐远离地球的过程中，所受的地球引力（ ）

A. 不变 B. 逐渐减小 C. 逐渐增大 D. 先减小后增大

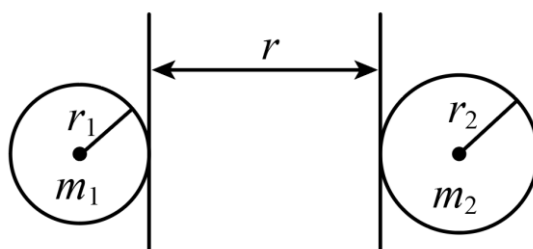
【答案】 B

6. 某实心均匀球半径为 R ，质量为 M ，在球壳外离球面 h 高处有一质量为 m 的质点，则它们之间万有引力的大小为（ ）

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

【答案】 B

7. 如图所示，两球间的距离为 r ，两球的质量分布均匀，质量大小分别为 m_1 、 m_2 ，半径大小分别为 r_1 、 r_2 ，则两球间的万有引力大小为（ ）



A. $G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ B. $G \frac{m_1 m_2}{r_1^2 + r_2^2 + r^2}$ C. $G \frac{m_1 m_2}{(r_1 + r_2)^2}$ D. $G \frac{m_1 m_2}{(r_1 + r_2 + r)^2}$

【答案】 D

8. 两个质点相距 r 时，它们之间的万有引力为 F ，若它们间的距离缩短为 $\frac{r}{2}$ ，其中一个质点的质量变为原来的 2 倍，另一质点质量保持不变，则它们之间的万有引力为（ ）

A. $2F$ B. $4F$ C. $8F$ D. $16F$

【答案】 C

9. 要使两物体间的万有引力减小到原来的 $\frac{1}{2}$ ，下列办法可采用的是（ ）

A. 使两物体的质量各减少一半，距离不变
 B. 使两物体间的距离变为原来的 2 倍，质量不变
 C. 使其中一个物体的质量减小到原来的 $\frac{1}{2}$ ，距离不变
 D. 使两物体间的距离和两物体质量都减为原来的 $\frac{1}{2}$

【答案】 C

10. 地球质量大约是月球质量的 81 倍，一飞行器位于地球与月球之间，当地球对它的引力和月球对它的引力大小相等时，飞行器距月球球心的距离与月球球心距地球球心的距离之比为（ ）

A.1：9 B.9：1 C.1：10 D.10：1

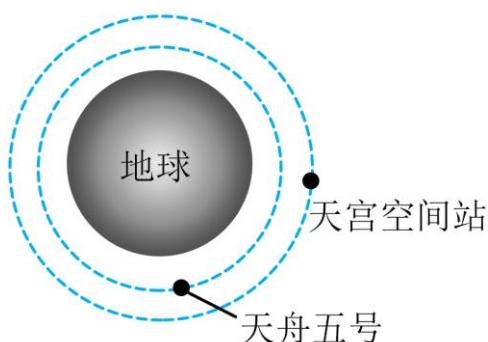
【答案】 C

11. 已知地球质量为某行星质量的 144 倍，地球半径为该行星半径的 3 倍，忽略星球自转，一辆车在地球表面所受地球引力为 1600N，则其在该行星表面所受引力为（ ）

A. 200N B. 150N C. 100N D. 50N

【答案】 C

12. 为空间站补给物质时，我国新一代货运飞船“天舟五号”实现了 2 小时与“天宫空间站”快速对接，对接后的“结合体”仍在原空间站轨道运行。对接前“天宫空间站”与“天舟五号”的轨道如图所示，则（ ）

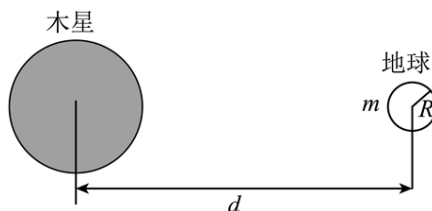


- A. “天宫空间站”对地球的引力小于地球对“天宫空间站”的引力
B. “天宫空间站”的向心加速度小于“天舟五号”的向心加速度
C. “结合体”受到地球的引力比“天宫空间站”受到地球的引力小
D. “结合体”受到地球的引力等于“天宫空间站”受到地球的引力

【答案】 B

13. 在科幻电影《流浪地球》中有这样一个场景：地球在接近木星时受其磁场和辐射影响，导致行星发动机故障熄火，被木星引力“捕获”后加速向木星靠近。当地球与木星球心之间的距离小于某个值 d 时，在地球表面物体就会被木星吸走，进而导致地球可能被撕裂，这个临界距离 d 被称为“洛希极限”。如图所示，假设地球和木星的质量分别 M 、 M_0 ，地球的半径为 R 。地球没有自转，同时不考虑木星自转和太阳系其他

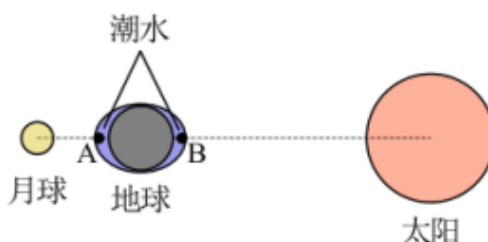
星球的作用，由于木星的质量大约为地球的1300倍，可以近似以木星为惯性系来研究问题。取地球表面上距离木星最近的地方一质量为 m 的物体，计算它刚好被木星吸走时木星与地球距离为临界距离，则木星使地球产生撕裂危险的临界距离 d —“洛希极限”满足下列哪个表达式（ ）



- A. $G \frac{M_0}{(d-R)^2} = G \frac{M}{R^2}$ B. $G \frac{M_0}{(d-R)^2} - G \frac{M}{R^2} = G \frac{M_0}{d^2}$
- C. $G \frac{M}{R^2} - G \frac{M_0}{(d-R)^2} = G \frac{M_0}{d^2}$ D. $G \frac{M_0}{(d-R)^2} + G \frac{M}{R^2} = G \frac{M_0}{d^2}$

【答案】 B

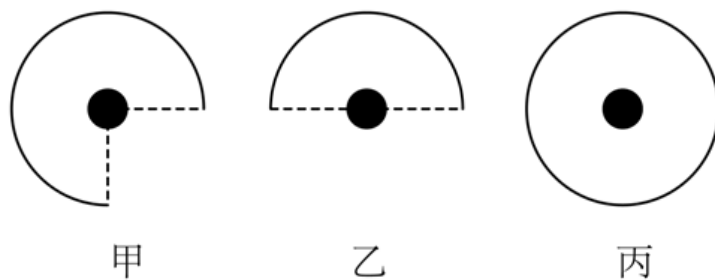
14. 苏轼的诗句“定知玉兔十分圆，已作霜风九月寒，寄语重门休上钥，夜潮留向月中看”形象地描述了八月十五日看潮的情景。如图所示，太阳、月亮和地球处于一条直线上，会在海面上引起“大潮”，已知太阳质量是月球质量的 2700 万倍，日地距离是月地距离的 390 倍，以下说法正确的是（ ）



- A. 海水在 A 处受到太阳的引力比受到月球的引力小
- B. 海水在 B 处受到太阳的引力比受到月球的引力小
- C. 同一质量的海水在 A 处受到月球的引力比在 B 处小
- D. 同一质量的海水在 A 点受到太阳和月球引力的合力比 B 处小

【答案】 D

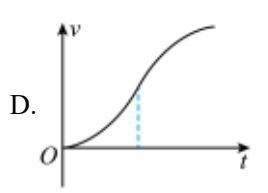
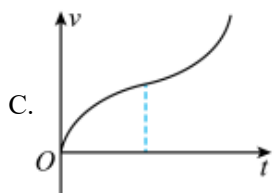
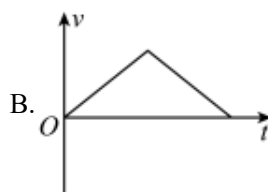
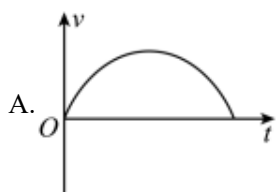
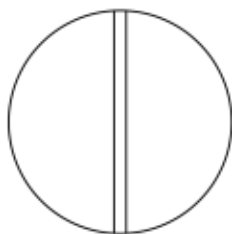
15. 如图所示，三个质量均为 M 的球分别位于 $\frac{3}{4}$ 圆环、半圆环和完整圆环的圆心， $\frac{3}{4}$ 圆环、半圆环分别是由与丙图中相同的完整圆环截去 $\frac{1}{4}$ 和一半所得，环的粗细忽略不计，若甲图中环对球的万有引力大小为 F ，则乙图、丙图中环对球的万有引力大小分别为（ ）



- A. $\sqrt{2}F$, $2\sqrt{2}F$ B. $\sqrt{2}F$, 0 C. $\frac{3}{2}F$, $2\sqrt{2}F$ D. $\frac{2}{3}F$, $\frac{4}{3}F$

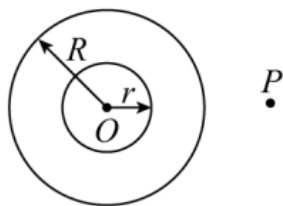
【答案】 B

16. 已知物体放在质量分布均匀的球壳内部的时候受到球壳的万有引力为零，假想沿地球的直径打一个孔。在不考虑地球自转的情况下，从一端释放一个看成质点的小球，小球将沿直径运动到另一端，则小球运动的速度时间图像下列正确的是（ ）



【答案】 A

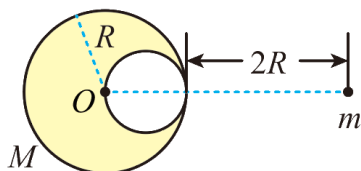
17. 如图所示，一个质量均匀分布的半径为 R 的球体对球外质点 P 的万有引力为 F 。如果在球体中央挖去半径为 r 的一部分球体，且 $r = \frac{R}{2}$ ，则原球体剩余部分对质点 P 的万有引力为（ ）



- A. $\frac{1}{2}F$ B. $\frac{1}{8}F$ C. $\frac{7}{8}F$ D. $\frac{1}{4}F$

【答案】 C

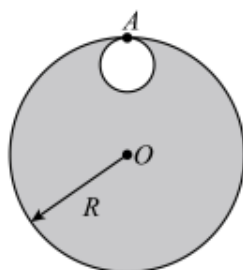
18. 有一质量为 M 、半径为 R 的密度均匀球体，在距离球心 O 为 $3R$ 的地方有一质量为 m 的质点。先从 M 中挖去一半径为 $\frac{R}{2}$ 的球体，如图所示，则剩余部分对质点的万有引力大小为（ ）



- A. $G \frac{Mm}{9R^2}$ B. $G \frac{Mm}{4R^2}$ C. $G \frac{41Mm}{450R^2}$ D. $G \frac{7Mm}{36R^2}$

【答案】 C

19. 将地球看成均匀球体，已知均匀球体对球外物体的万有引力相当于将球体的质量集中于球心的质点对物体的万有引力。假设在紧贴地球表面处挖去一半径为 $\frac{R}{8}$ 的球（ R 为地球半径），如图所示，在图中 A 点放置一质量为 m 的质点，则该质点在挖空前后受到的万有引力的比值为（ ）

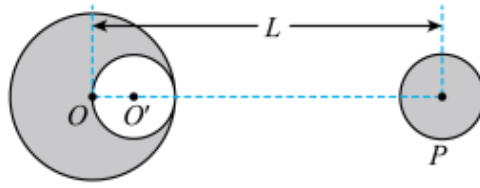


- A. $\frac{8}{7}$ B. $\frac{9}{8}$ C. $\frac{64}{63}$ D. $\frac{64}{49}$

【答案】 A

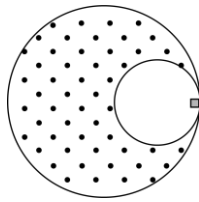
20. 质量为 M 的均匀实心球体半径为 R ，球心为 O 点，在球的右侧挖去一个半径为 $\frac{R}{2}$ 的小球，将该小球置于 OO' 连线上距 O 为 L 的 P 点， O' 为挖去小球后

空腔部分的中心，如图所示，则大球剩余部分对 P 点小球的引力为多大？



【答案】 $F = GM^2 \left[\frac{1}{8L^2} - \frac{1}{64(L-0.5R)^2} \right]$

21. 已知质量分布均匀的球壳对壳内物体的万有引力为零。假设火星是半径为 R 的质量分布均匀的球体，在火星内挖一半径为 r ($r < R$) 的球形内切空腔，如图所示。现将一小石块从切点处由静止释放，则小石块在空腔内将做 ()



- A. 匀加速直线运动
B. 加速度变大的直线运动
C. 匀加速曲线运动
D. 加速度变大的曲线运动

【答案】 A