

## 第六章 第4节 万有引力定律的理论成就 (二)

编制人：薛文堂

审核人：高一备课组

编号：06-04-02a

### 【目标引领】

- 1、理解万有引力定律与重力的关系
- 2、会用万有引力定律计算天体的密度

### 【学思议展】

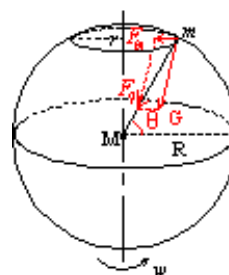
#### ▲ 应知应会

##### 1、万有引力和重力

(1) 精确的讲

- 1) 重力是\_\_\_\_\_，但重力不就是万有引力. 而是\_\_\_\_\_
- 2) 在地球两极上的物体所受重力\_\_\_\_\_地球对它的万有引力，即：\_\_\_\_\_
- 3) 在地球赤道上随地球自转的物体所受的向心力=\_\_\_\_\_，即：\_\_\_\_\_

$$\frac{4\pi^2 mR}{T^2} = \underline{\hspace{2cm}}$$



(2) 粗略的讲

- 1) 若不考虑地球自转的影响，地面上质量为  $m$  的物体所受重力  $mg$ \_\_\_\_\_地球对物体的引力，即：\_\_\_\_\_ 式中  $M$  为地球质量， $R$  为地球半径。由此得到： $M = \frac{gR^2}{G}$ .
- 2) 若物体在离地高度为  $h$  处，设该处重力加速度为  $g_1$ ，则：\_\_\_\_\_.

##### 2. 天体的密度计算

(1) 已知地球表面的重力加速度  $g$ ，地球半径  $R$ ，万有引力常量  $G$ ，则地球的平均密度表达式为  $\rho$ ，则：

$$\rho = \underline{\hspace{2cm}}$$

(2) 已知月球绕地球运动周期  $T$  和轨道半径  $r$ ，地球半径为  $R$  求地球的平均密度？

(3) 一艘宇宙飞船飞近某一个不知名的行星，并进入靠近该行星表面的圆形轨道，进行预定的考察工作，宇航员能不能仅用一只秒表通过测定时间来测定该行星的密度？说明理由及推导过程。

### 质疑解难

密度公式  $\rho = \frac{3\pi}{GT^2}$  使用条件是什么？

## 【点化梳理】

## 【课堂练习】

1. 一飞船在某行星表面附近沿圆轨道绕该行星飞行。认为行星是密度均匀的球体，要确定该行星的密度，只需要测量

A. 飞船的轨道半径                      B. 飞船的运行速度                      C. 飞船的运行周期                      D. 行星的质量

2. 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.  $\rho = \frac{3\pi}{GT^2} g$

3. 已知地球质量大约是月球质量的 81 倍，地球半径大约是月球半径的 4 倍，不考虑地球月球自转的影响，由以上数据可推算出：

A. 地球的平均密度与月球的平均密度之比约为 9: 8。

B. 地球表面重力加速度与月球表面重力加速度之比约为 9: 4。

C. 靠近地球表面沿圆轨道运行的航天器的周期与靠近月球表面轨道运行的航天器的周期之比约为 8: 9。

D. 靠近地球表面沿圆轨道运行的航天器的线速度与靠近月球表面轨道运行的航天器的线速度之比约为 81: 4。

4. 组成星球的物质是靠引力吸在一起的，这样的星球有一个最大的自转速率，如果超过了这个速率，星球的万有引力将不足以维持其赤道附近的物体的圆周运动，由此能得到半径为  $R$ 、密度为  $\rho$ 、质量为  $M$  且均匀分布的星球的最小自转周期  $T$ ，下列表达式中正确的是：

A.  $T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$                       B.  $T = 2\pi \sqrt{\frac{3R^3}{GM}}$                       C.  $T = \sqrt{\frac{\pi}{G\rho}}$                       D.  $T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$

5. 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

6. 万有引力定律揭示了天体运行规律与地上物体运动规律具有内在的一致性。

(1) 用弹簧秤称量一个相对于地球静止的小物体的重量，随称量位置的变化可能会有不同的结果。已知地球质量为  $M$ ，自转周期为  $T$ ，万有引力常量为  $G$ 。将地球视为半径为  $R$ 、质量均匀分布的球体，不考虑空气的影响。设在地球北极地面称量时，弹簧秤的读数是  $F_0$ 。

a. 若在北极上空高出地面  $h$  处称量，弹簧秤读数为  $F_1$ ，求比值  $\frac{F_1}{F_0}$  的表达式，并就  $h=1.0\%R$  的情形算出具体数值(计算结果保留两位有效数字)；

b. 若在赤道地面称量，弹簧秤读数为  $F_2$ ，求比值  $\frac{F_2}{F_0}$  的表达式。

(2)设想地球绕太阳公转的圆周轨道半径为  $r$ 、太阳的半径为  $R_s$  和地球的半径  $R$  三者均减小为现在的 1.0%，而太阳和地球的密度均匀且不变。仅考虑太阳和地球之间的相互作用，以现实地球的 1 年为标准，计算“设想地球”的一年将变为多长？

7.2018 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  $T=5.19$  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.  $5 \times 10^{18} \text{ kg/m}^3$

8.一行星与地球运动情况相似，此行星的一昼夜为  $T=6\text{h}$ ，若弹簧秤在其赤道上比两极处测同一物体的重力时读数小了 10%，则此行星的平均密度多大？