

《万有引力定律有哪些应用》学习指南

教学目标：

1. 通过了解万有引力定律在天文学上的重要应用，体会万有引力定律在人类认识宇宙奥秘中的巨大作用。
2. 在运用万有引力定律计算天体质量和平均密度的过程中，掌握运用万有引力定律处理天体问题的一般思路和方法，提升科学推理的能力。

教学重点：

1. 应用万有引力定律计算天体质量
2. 应用万有引力定律计算天体的平均密度

教学过程

1. 万有引力定律的回顾
如何称量地球的质量？

2. 计算中心天体的质量的思路及方法

思路一（环绕法）：将行星绕恒星的运动、卫星绕行星的运动均视为匀速圆周运动，所需向心力是由万有引力提供的。

写公式：

思路二（重力加速度法）：中心天体表面上物体的重力与所受万有引力相等。

写公式：

求出了中心天体的质量，我们如何求中心天体的平均密度呢？

写公式：

3. 发现未知天体

海王星的发现：在 18 世纪，人们已经知道太阳系有 7 个行星，其中 1781 年发现的第七个行星——天王星的运动轨道，总是同根据万有引力定律计算出来的有比较大的偏离。当时有人推测，在天王星轨道外面还有一个未发现的行星，它对天王星的作用引起了上述偏离。英国剑桥大学的学生亚当斯和法国年轻的天文学家勒维耶根据天王星的观测资料，各自独立地利用万有引力定律计算出这颗新行星的轨道。1846 年 9 月 23 日晚，德国的加勒在勒维列预言的位置附近发现了这颗新行星。后来，天文学家把这个行星叫做海王星。

预言哈雷彗星回归：英国天文学家哈雷依据万有引力定律，用一年时间计算 24 颗彗星的轨道，并大胆猜测在 1531 年、1607 年、1682 年出现的三颗彗星是同一颗星，周期约为 76 年。

4. 运用万有引力定律处理天体问题的思路和方法分析问题

例 1: (1) 开普勒第三定律指出: 行星绕太阳运动椭圆轨道的半长轴 a 的三次方与它的

公转周期 T 的二次方之比是定值, 即 $\frac{a^3}{T^2} = k$, k 是一个对所有行星都相同的常量。将行星绕太阳的运动简化成圆周运动处理, 请你推导出太阳系中该常量 k 的表达式 (已知引力常量为 G , 太阳的质量为 M); (2) 开普勒定律不仅适用于太阳系, 它对一切具有中心天体的引力系统 (如地月系统) 都成立。经测定月地距离为 $3.84 \times 10^8 \text{m}$, 月球绕地球运动的周期为 $2.36 \times 10^6 \text{s}$, 地球半径取 6400km , 试估算地球的质量 M 和密度 ρ 。 ($G=6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, 计算结果均保留一位有效数字)

例 2: 某星球的半径为 R , 表面的重力加速度为 g , 引力常量为 G , 则该星球的平均密度为 ()

- A. $\frac{3g}{4\pi R^2 G}$ B. $\frac{3g}{4\pi R G}$ C. $\frac{g}{R G}$ D. $\frac{g}{R^2 G}$

例 3: 宇航员站在一个星球表面上, 从某一高为 h 处自由释放一小球, 经过时间 t 落地, 该星球的半径为 r , 你能求解出该星球的质量吗?