

# 专题九 万有引力定律

## 经典力学的成就与局限性



# 学业动脉

学业动脉



考纲内容	考纲解读
<p>1. 万有引力定律及应用 (II)</p> <p>2 . 宇宙速度 (I)</p> <p>3 . 经典力学的适用范围和局限性 (I)</p>	<p>1. 了解万有引力定律的发现过程，知道万有引力定律，认识发现万有引力定律的重要意义，体会科学定律对人类探索未知世界的作用</p> <p>2 . 知道环绕速度与哪些因素有关，知道第二宇宙速度和第三宇宙速度</p> <p>3 . 通过实例了解经典力学的发展历程和伟大成就，了解经典力学的适用范围和局限性</p>

夺A必备



## 考点 1 万有引力定律

1 . 内容 : 宇宙间任意两个有质量的物体间都存在 相互吸引力 , 其大小与 两物体的质量乘积 成正比 , 与 它们间距离的二次方 成反比 .

2 . 数学表达式 :  $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$  , 式中  $G$  称为引力常量 , 英国科学家 卡文迪许 第一次在实验室中较准确地测量出  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$  .

3 . 适用条件 : 真空中质点间的相互作用 . 两物体间的距离远大于它们的自身大小时定律成立 .

◆ 小试身手

1 .(2013 年广东学业水平考试)关于万有引力定律及其表达式  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ , 下列说法中正确的是( )

- A. 对于不同物体,  $G$  取值不同
- B.  $G$  是万有引力常量, 由实验测得
- C. 两个物体彼此所受的万有引力方向相同
- D. 两个物体之间的万有引力是一对平衡力

**解析：**

因万有引力定律适用于真空任何有质量的物体间相互作用，引力常量  $G$  由英国科学家卡文迪许用实验测量，所以选项 A 错，B 对；两个物体之间的万有引力是一对作用力和反作用力，大小相等，方向相反，C、D 选项错。

**答案：**

**B**

## 考点 2 万有引力定律的应用

1. 估算中心天体的质量.

(1) 解题思路：环绕天体( $m$ )受中心天体( $M$ )的万有引力提供

环绕天体做匀速圆周运动的向心力，即  $F_{\text{引力}} = F_{\text{向}}$ ， $G\frac{Mm}{r^2} =$

$$m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r.$$

(2) 中心天体的质量  $M = \frac{4\pi^2}{GT^2} r^3$ ，从式可知，只要能测出环

绕天体的运动半径和周期即可估算出中心天体的质量.

2. 判断卫星或行星的周期、角速度、线速度与半径的关系

(1) 从上式可得  $\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$ ，当半径  $r$  增大时，周期也增大。

(2) 从式  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  可得，当半径  $r$  增大时，角速度  $\omega$  减小。

(3) 从式  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$  可得，当半径  $r$  增大时，线速度  $v$  减小。

◆ 小试身手

2. (2014年广东省普通高中学业水平考试)(多选) 环绕地球做匀速圆周运动的人造卫星, 距离地面越高, 环绕的( )

- A. 速度越小
- B. 周期越大
- C. 向心加速度越大
- D. 角速度越大

**解析：** 由开普勒第三定律  $\frac{r^3}{T^2} = k$  知，距离地面越远， $r$  越大， $T$  越大，角速度越小，线速度越小，向心加速度越小，A、B 正确.

**答案：** AB

## 考点 3 宇宙速度

1 . 第一宇宙速度 ( 环绕速度 )  $v = \underline{7.9 \text{ km/s}}$  , 是人造卫星近地环绕速度 , 它是人造卫星在地面附近环绕地球做匀速圆周运动所必须具有的速度 , 是人造地球卫星的最**发射速度** , 该速度又是环绕地球做匀速圆周运动的卫星中的最大**运行速度** .

2 . 第二宇宙速度 ( 又叫脱离速度 )  $v = \underline{11.2 \text{ km/s}}$  : 在地面上发射物体 , 使之能够脱离地球的引力作用 , 成为绕太阳运行的人造行星或飞到其他行星上去所必需的最小发射速度 , 称为第二宇宙速度 .

3 . 第三宇宙速度 ( 逃逸速度 )  $v = 16.7 \text{ km/s}$  :  
在地面上发射物体 , 使之最后能脱离太阳的引力范围 ,  
飞到太阳系以外的宇宙空间所必需的最小速度 , 称为  
第三宇宙速度 .

◆ 小试身手

3 . (2013 年广东学业水平考试) 地面上发射人造卫星, 不同发射速度会产生不同的结果, 下列说法中正确的是 ( )

A . 要使卫星绕地球运动, 发射速度至少要达到  $11.2 \text{ km/s}$

B . 要使卫星飞出太阳系, 发射速度至少要达到  $16.7 \text{ km/s}$

C . 发射速度介于  $7.9 \text{ km/s}$  和  $11.2 \text{ km/s}$  之间, 卫星能绕太阳运动

D. 发射速度小于  $7.9 \text{ km/s}$  , 卫星能在地面附近绕地球做匀速圆周运动

**解析：**

成为地球的卫星，发射速度应大于  $7.9 \text{ km/s}$  , 若发射速度大于  $11.2 \text{ km/s}$  时，将脱离地球的引力作用，若发射速度大于  $16.7 \text{ km/s}$  , 卫星将脱离太阳的引力作用，只有选 B 正确.

**答案：**

**B**

## 考点 4 地球同步卫星

1 . 地球同步卫星：是指位于赤道平面内相对地面静止的，运动周期与地球自转周期相同的人造地球卫星。因同步卫星主要用于通信，故同步卫星又叫通信卫星。

2 . 同步卫星的特点。

(1) 周期一定：同步卫星在赤道上空相对地球静止，它绕地球的运动与地球自转同步，它的运动周期就等于地球自转的周期，即  $T = \underline{\hspace{2cm}}$  .  
**24 h**

(2) 角速度一定：同步卫星绕地球运行的角速度等于地球自转的角速度。

(3) 轨道一定：只能位于地球赤道上空的某一特定高度，其高度可由周期求出。

(4) 环绕速度大小一定：由于同步卫星的轨道高度一定，所以所有同步卫星绕地球运动的线速度的大小是一定的。

◆ 小试身手

4. (2013 年广东学业水平考试) 地球的半径为  $R$ , 某同步卫星在地球表面所受万有引力为  $F$ , 则该卫星在离地面高度约  $6R$  的轨道上受到的万有引力约为( )

- A.  $6F$    B.  $7F$    C.  $\frac{1}{36}F$    D.  $\frac{1}{49}F$

**解析：** 某同步卫星质量为  $m$ ，它在地球表面时受到的引力为  $F = \frac{GMm}{R^2}$ ，当它在离地面高度为  $6R$  时，它到地心的距

离变为  $r = 7R$ ，所以它受到引力为  $F' = \frac{GMm}{(7R)^2} = \frac{GMm}{49R^2} = \frac{1}{49}$

$F$ ，D 选项正确。

**答案：** D

## 考点 5 经典力学的适应范围和局限性

- 1 . 经典力学理论的适用范围：适用于低速（相对于光速而言）、宏观物体。
- 2 . 经典力学理论的时空观：物体的质量、长度、时间都不随速度而改变。
- 3 . 狭义相对论的时空观：物体的质量、长度、时间都随速度的改变而改变。

◆ 小试身手

5. 为经典力学做出最重要贡献的物理学家是 ( )

A. 爱因斯坦    B. 麦克斯韦



C. 法拉第    D. 牛顿

解析：

经典力学是以牛顿三定律及万有引力定律为主要内容，牛顿在经典力学建立中做出了最重要的贡献，D 正确。

答案：

D



# 典例突破

## 热点 1 万有引力定律

【例 1】 (2014 年浙江学业水平考试)若已知氢原子核外电子在离核为  $r_0$  处受到的万有引力大小为  $F$ ，则它在离核为  $4r_0$  处受到的万有引力大小为( )

A.  $\frac{1}{16}F$     B.  $\frac{1}{4}F$

C.  $16F$     D.  $4F$

**解析：**

氢原子核和电子的质量不变，根据万有引力定律知，万有引力与距离平方成反比， $F' = \frac{r_0^2}{(4r_0)^2}F = \frac{1}{16}F$ ，

**A 选项正确。**

**答案：**

**A**

## ◆ 变式训练

1. (2012年江苏学业水平测试)2012年2月25日,我国成功发射了第11颗北斗导航卫星,标志着北斗卫星导航系统建设又迈出了坚实一步.若卫星质量为 $m$ 、离地球表面的高度为 $h$ ,地球质量为 $M$ 、半径为 $R$ , $G$ 为引力常量,则地球对卫星万有引力的大小为( )

A.  $G\frac{mM}{h}$

B.  $G\frac{mM}{R+h}$

C.  $G\frac{mM}{h^2}$

D.  $G\frac{mM}{(R+h)^2}$

答案：D

## 热点 2 人造卫星

【例 2】 (2014 年广东省普通高中学业水平考试)

物体在地面附近绕地球做匀速圆周运动所必须具有的速度叫第一宇宙速度，其大小为 ( )

A . 7.9 km/s B . 11.2 km/s

C . 16.7 km/s D . 18.5 km/s

解析：

发射地球人造卫星的最小速度，也是环绕地球运动的最大速度叫第一宇宙速度，其数值等于  $7.9 \text{ km/s}$ ，A 正确。

答案：

A

◆ 变式训练

2. 关于地球同步卫星, 下列说法中正确的是 ( )
- A. 地球同步卫星周期  $T = 12h$
  - B. 质量不同的地球同步卫星轨道高度不同
  - C. 质量不同的地球同步卫星线速度大小不同
  - D. 所有地球同步卫星的加速度大小相同

**解析：**

地球同步卫星的运动周期与地球自转周期 (24 小时) 相同, A 选项错; 所有的地球同步卫星的轨道半径都相同, 所以, 同步卫星的轨道高度、线速度、角速度、向心加速度的大小都相同, 但不同的同步卫星质量不同, 所受的引力不同. D 选项正确.

**答案：**

**D**

### 热点 3 卫星中的超重与失重

【例 3】 (2014 年辽宁学业水平模拟) 2013 年 20 日上午，神舟十号航天员进行了我国首次太空授课。航天员通过质量测量、单摆运动、陀螺运动、水膜和水球等 5 个基础物理实验，让同学们领略奇妙的太空世界。神舟十号中水成球状，这是因为( )

- A . 神舟十号做匀速运动
- B . 神舟十号的速度超过  $7.9 \text{ km/s}$
- C . 神舟十号相对地面静止
- D . 神舟十号处于失重环境中

**解析：**  $7.9 \text{ km/s}$  是地球的环绕速度，是卫星绕地球表面运动的速度，神舟十号在离地球一定的轨道运动，它的速度要小于  $7.9 \text{ km/s}$ ，B 选项错；神舟十号绕地球做匀速圆周运动，所以 A、C 选项错；神舟十号在轨道运动时处于完全失重状态，D 选项正确。

**答案：** D

◆ 变式训练

3. (2012 年广东学业水平考试) 某空间站绕地球做匀速圆周运动, 在空间站中不能正常使用的仪器是 ( )

A. 电子表

B. 天平

C. 电子温度计

D. 电压表

**解析：**

空间站绕地球做匀速圆周运动时，空间站中所有物体处于完全失重状态，与重力有关的仪器不能使用，此时天平托盘中的物体对天平没有压力，天平测不出物体的质量。

**答案：** B

