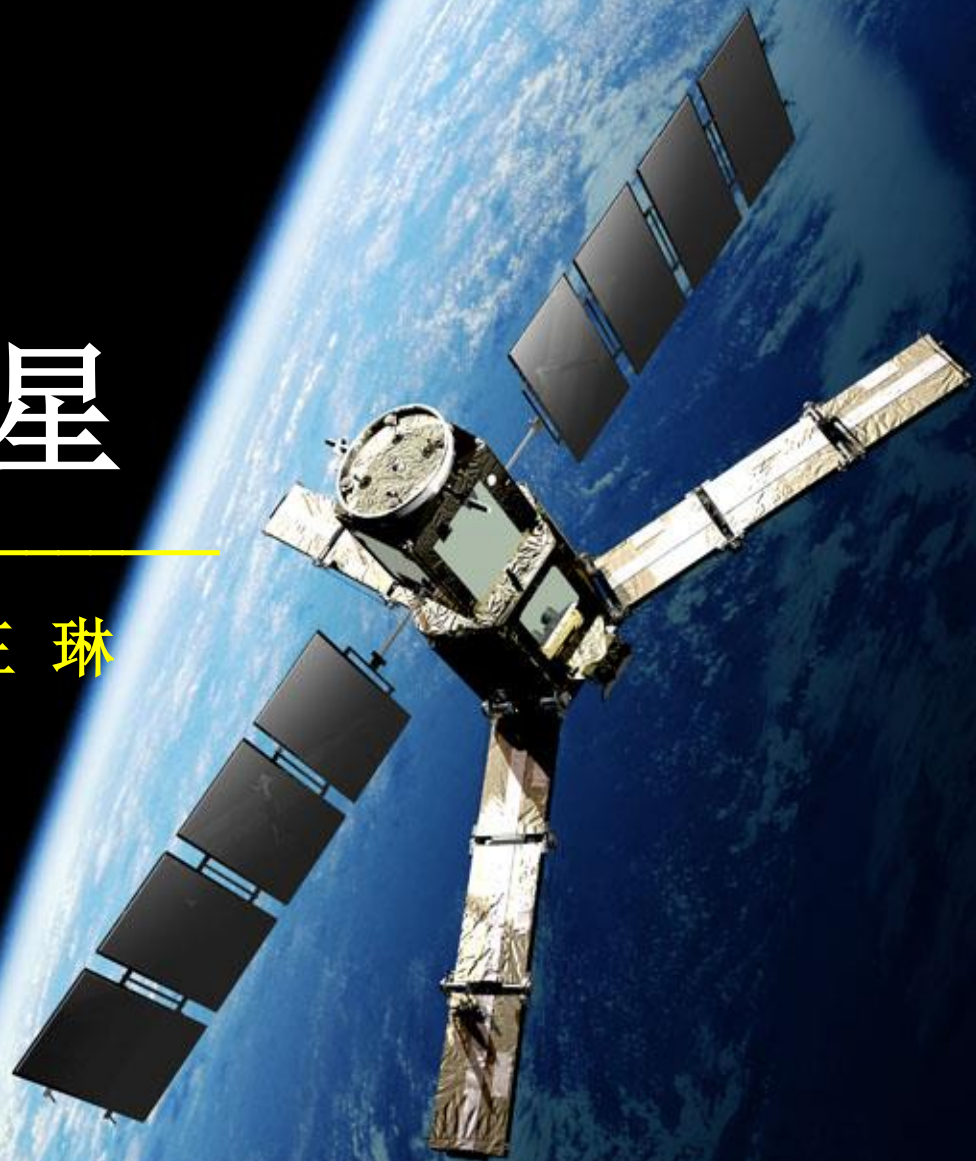


# 人造卫星

---

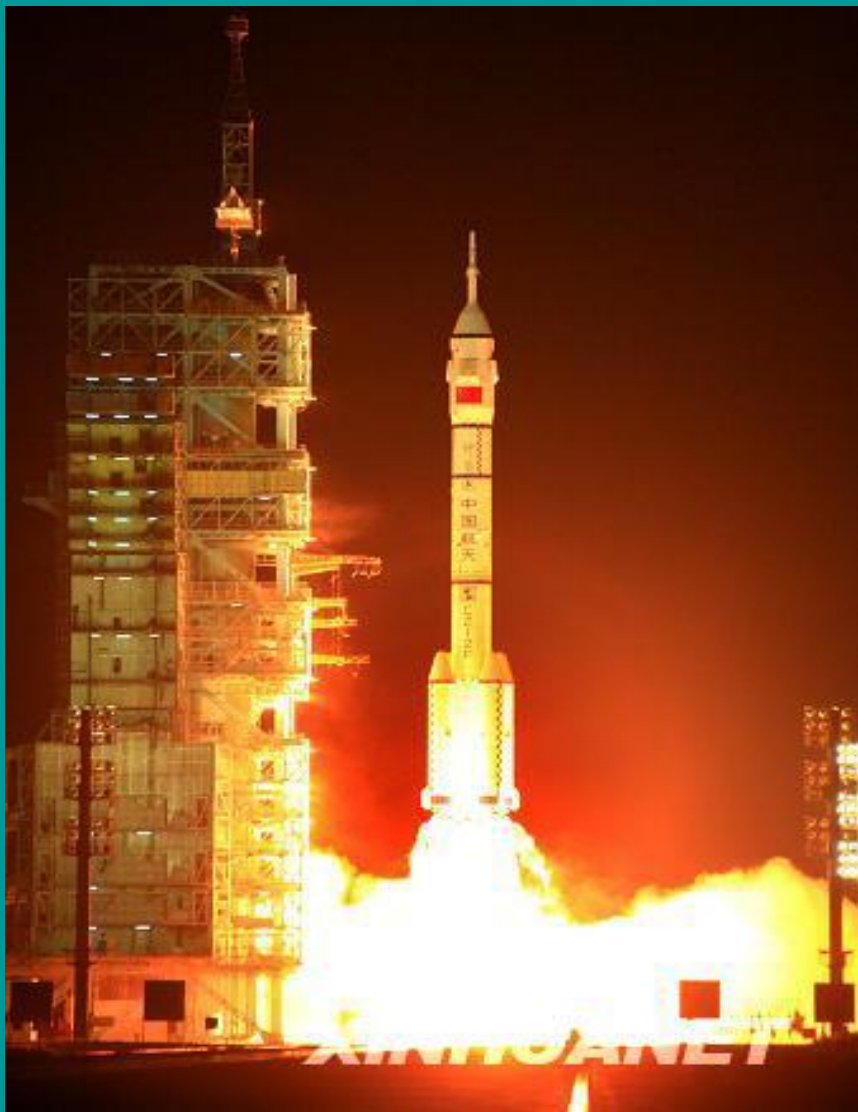
濮阳市油田第一中学 王琳



飞天梦想



梦想成真



授课内容

何为人造卫星



牛顿关于卫星  
的设想



宇宙速度



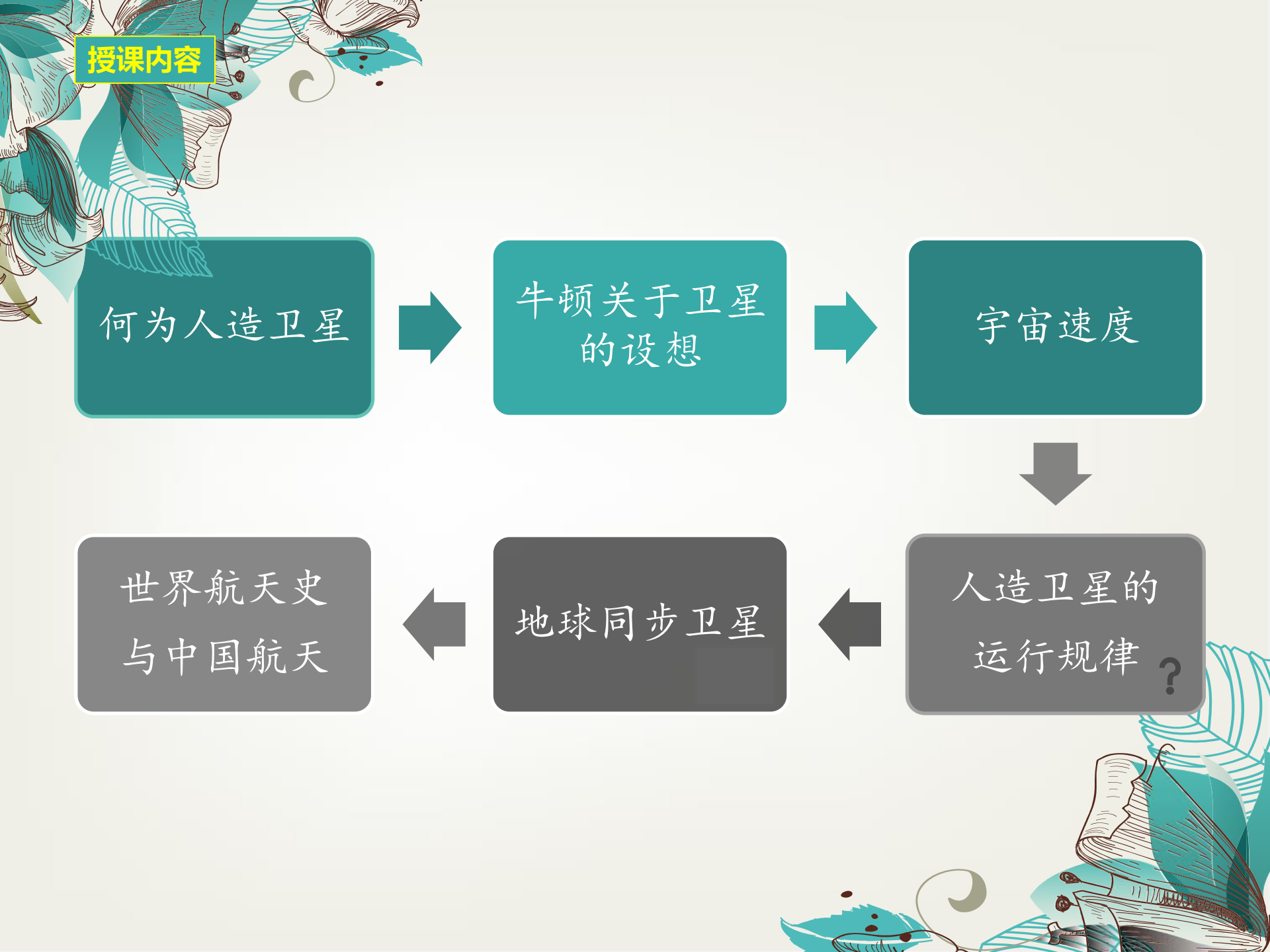
人造卫星的  
运行规律 ?



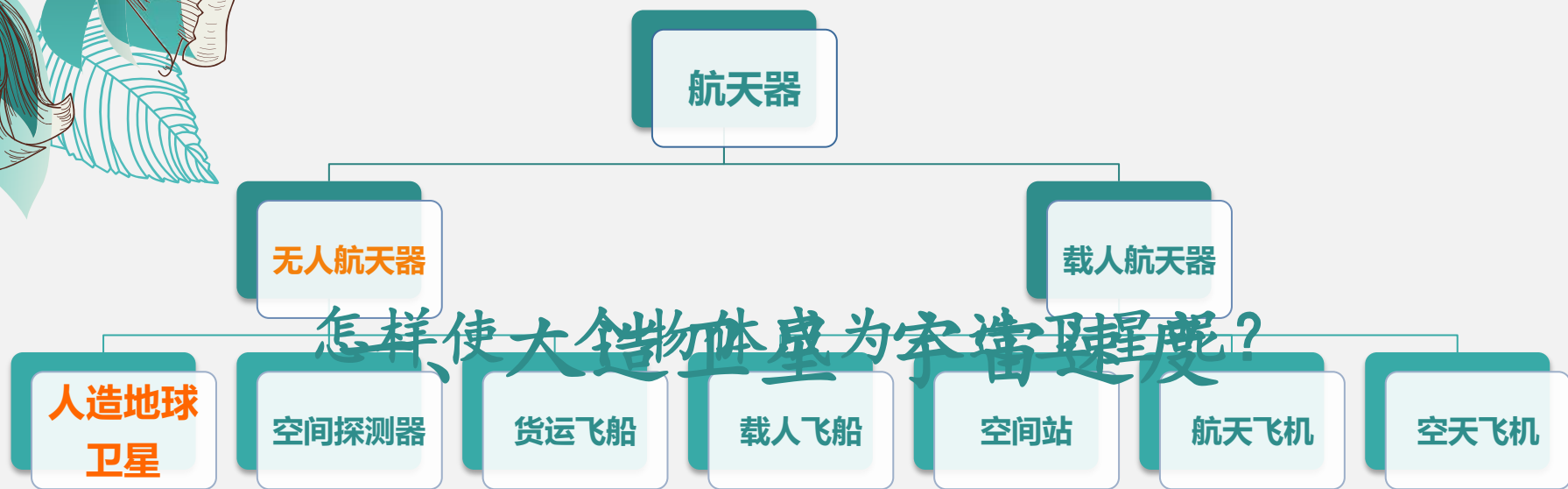
地球同步卫星



世界航天史  
与中国航天



## 一、人造卫星 宇宙速度



**人造地球卫星**指环绕地球飞行并在空间轨道运行一圈以上的**无人航天器**。简称**人造卫星**。

抛射速度

$$v' = 1 \text{ km/s}$$

$$v'' = 3 \text{ km/s}$$

$$v_1 = 7.9 \text{ km/s}$$

$$11.2 < v < 7.9 \text{ km/s}$$

$$v_2 = 11.2 \text{ km/s}$$

复原再来一遍



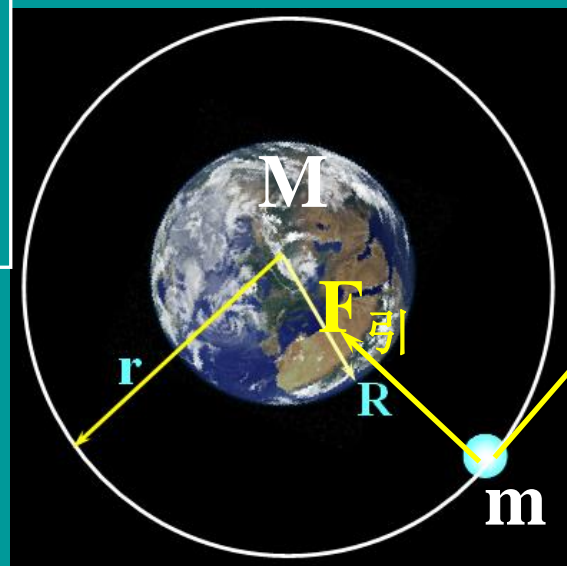
## 第一宇宙速度的推导与求解

设地球和卫星的质量分别为 $M$ 和 $m$ , 卫星到地心的距离为 $r$ , 求卫星运动的线速度 $v$ ?

解: 由  $F_{\text{引}} = F_{\text{向}}$  得:

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad \longrightarrow \quad v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$r = R_{\text{地}}$   
卫星贴近地表运行  $\longrightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad \longrightarrow \quad v = 7.9 \text{ km/s}$



**思考:** 若地球质量未知, 而知道地球表面的重力加速度  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ , 地球半径  $R_{\text{地}} = 6400 \text{ km}$ , 能否求出第一宇宙速度?

$$mg = G \frac{Mm}{R^2} \Rightarrow GM = gR^2 \quad \text{黄金代换} \Rightarrow v = \sqrt{gR}$$

# 宇宙速度

## 1、第一宇宙速度的两种推导形式：

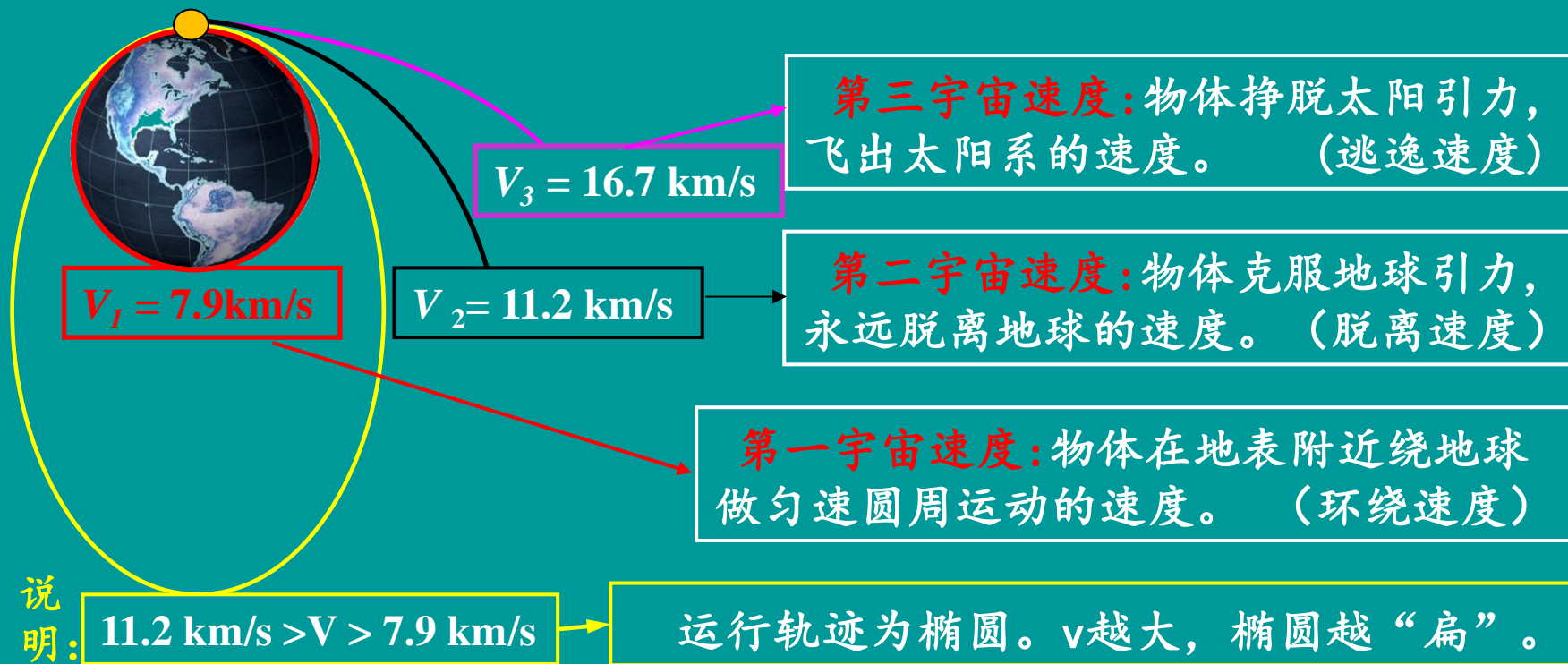
① 万有引力提供向心力

$$G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v_1^2}{R} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

② 重力提供向心力

$$mg = m \frac{v_1^2}{R} \Rightarrow v_1 = \sqrt{Rg}$$

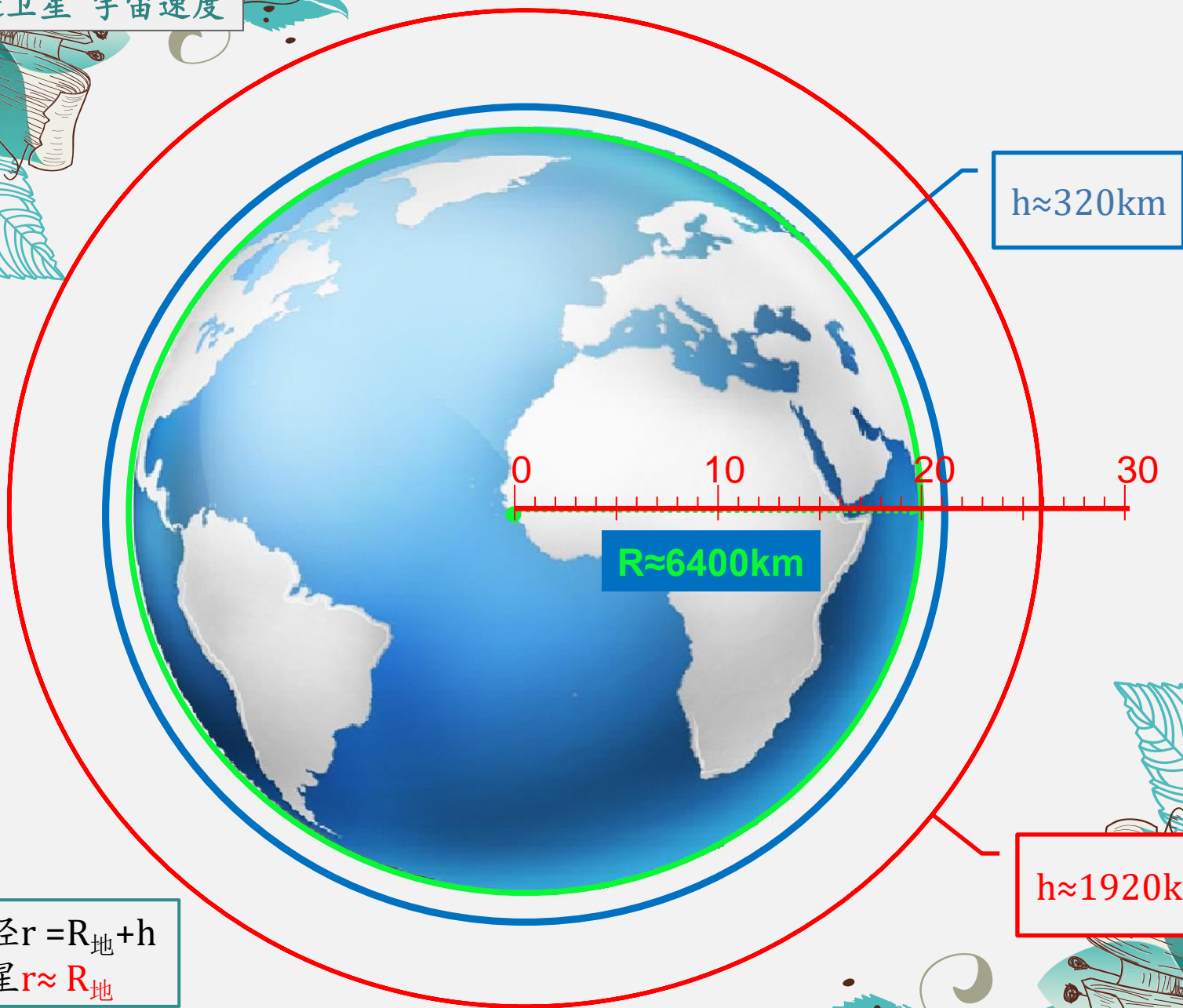
## 2、三种宇宙速度：





# 一、人造卫星 宇宙速度

## 感受轨道高度



轨道半径  $r = R_{\text{地}} + h$   
近地卫星  $r \approx R_{\text{地}}$

$h \approx 320\text{km}$

$h \approx 1920\text{km}$

# 一、人造卫星 宇宙速度

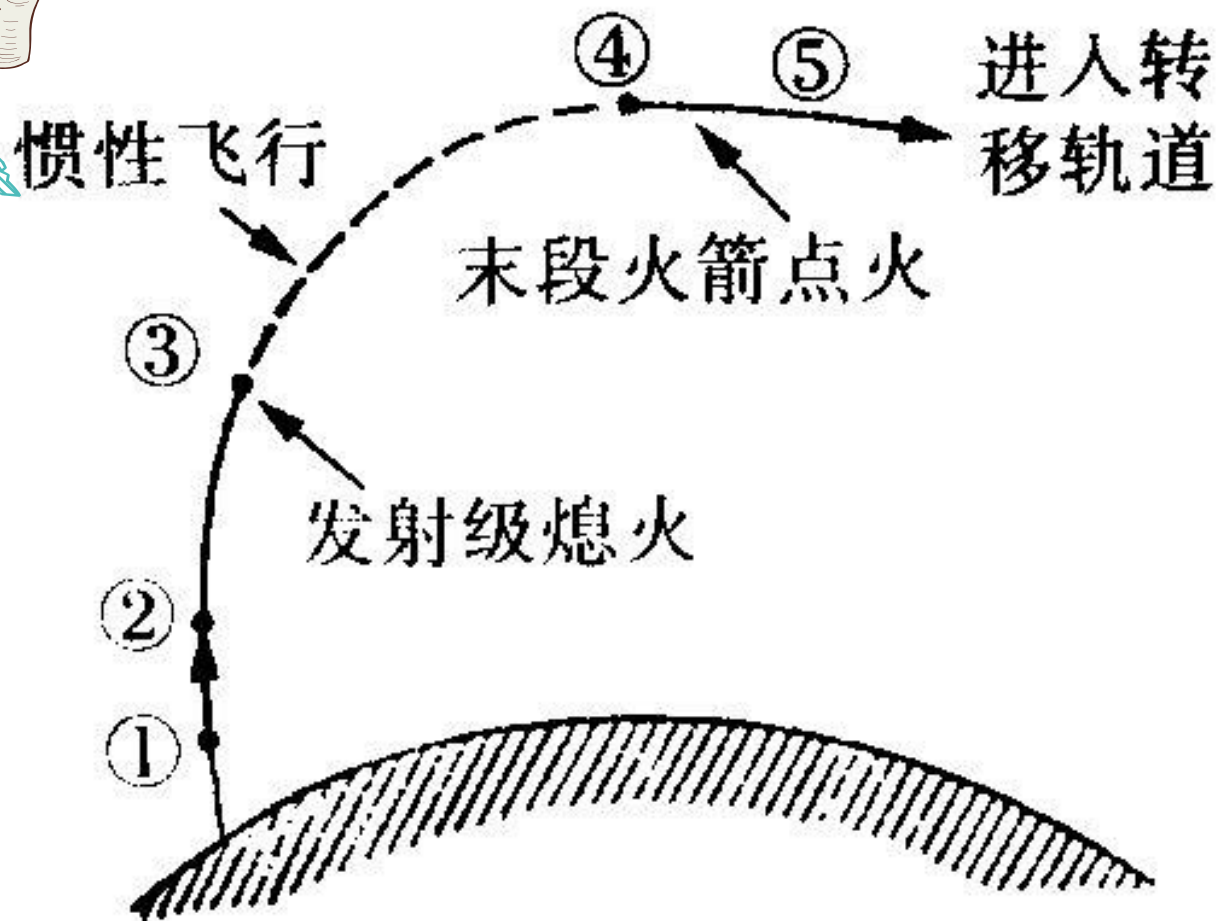


图 1 卫星的发射程序



# 人造卫星的四个常考问题

人造卫星的运行参数

地球同步卫星

卫星变轨问题

卫星的相关运算



## 二、人造卫星的运行参数

# 人造地球卫星轨道示意图

高中阶段关于卫星问题的两个近似：

太阳同步轨道

SSO

1、近地卫星贴近地球表面运行，可近似认为其重力等于地球对它的万有引力；

## 二、人造卫星的运行参数

2、卫星运动轨道可近似看做圆轨道。这是

解决人造卫星问题的关键。

低轨道

GEO  
36000千米/36000千米

地球静止轨道

LEO  
500千米/1000千米

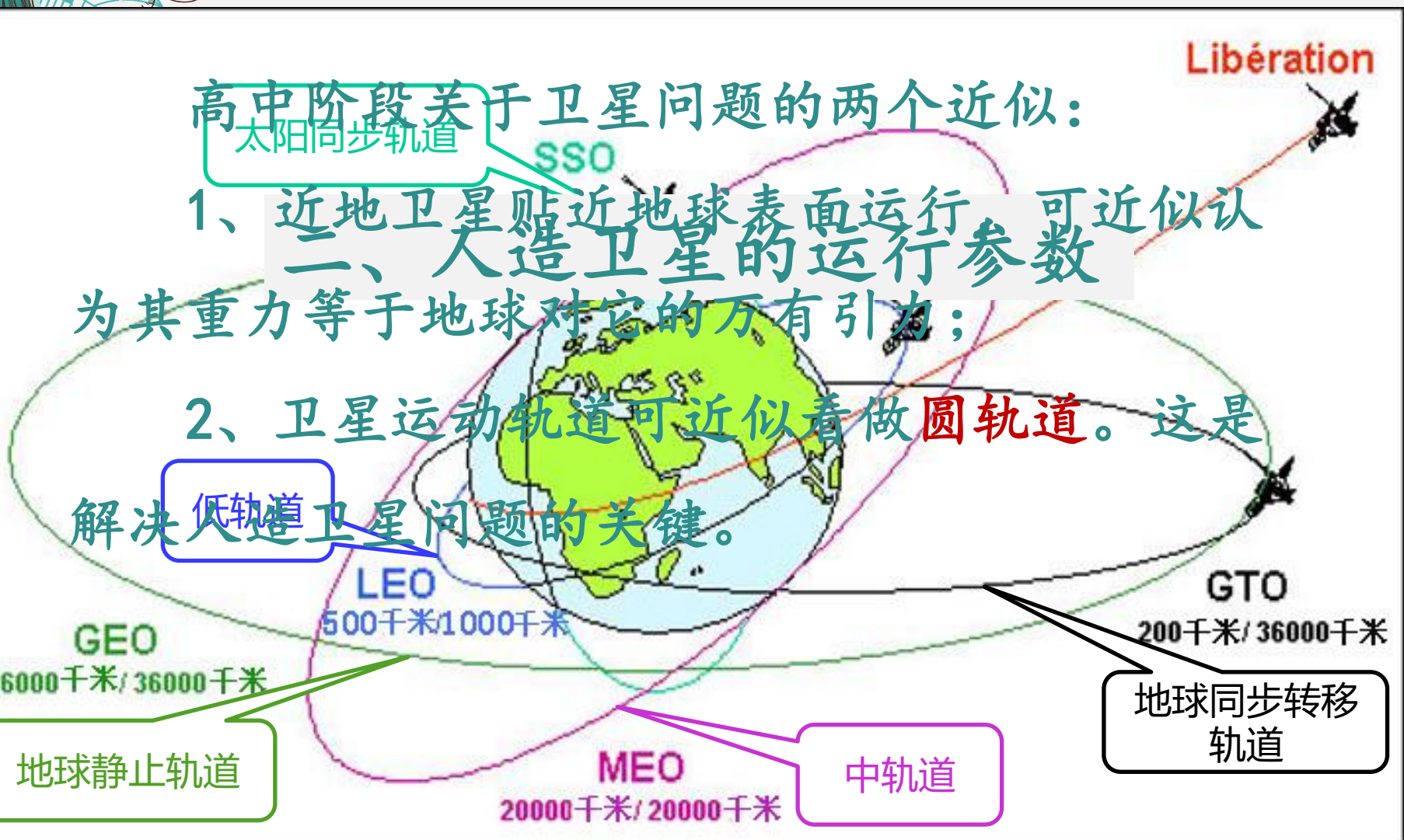
MEO  
20000千米/20000千米

中轨道

GTO  
200千米/36000千米

地球同步转移轨道

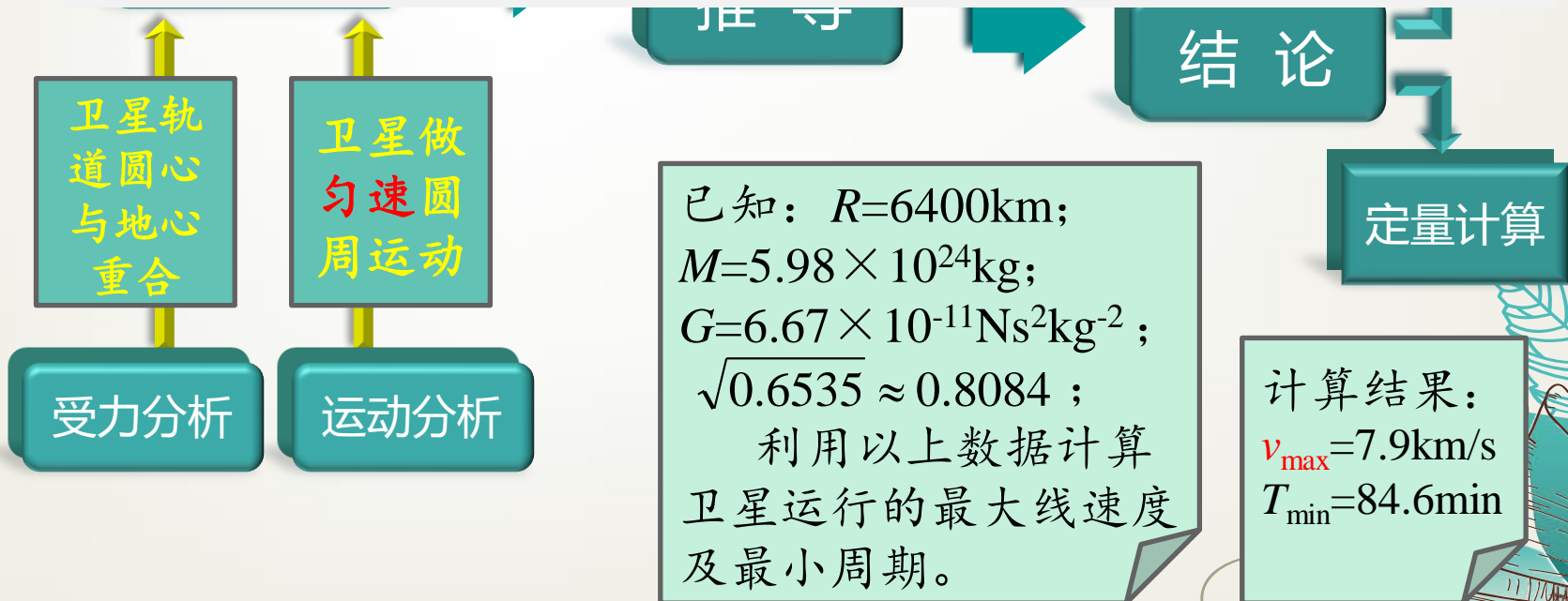
Libération



地球对卫星的万有引力提供卫星做匀速圆周运动所需要的向心力。

$a$ 、 $v$ 、 $\omega$ 、 $T$  都与卫星的质量无关，仅由轨道半径和地球的质量决定。

## 卫星围绕地球在不同轨道做圆周运动的快慢受哪些因素影响？



已知： $R=6400\text{km}$ ；  
 $M=5.98 \times 10^{24}\text{kg}$ ；  
 $G=6.67 \times 10^{-11}\text{Ns}^2\text{kg}^{-2}$ ；  
 $\sqrt{0.6535} \approx 0.8084$ ；  
利用以上数据计算卫星运行的最大线速度及最小周期。

计算结果：  
 $v_{\max}=7.9\text{km/s}$   
 $T_{\min}=84.6\text{min}$

## 二、人造卫星运行的参数

【例题】有两个人造地球卫星，它们绕地球运转的轨道半径之比是1:2，由开普勒第三定律可知，它们绕地球运转的周期之比为 1:2√2。

解：由开普勒第三定律，可得：

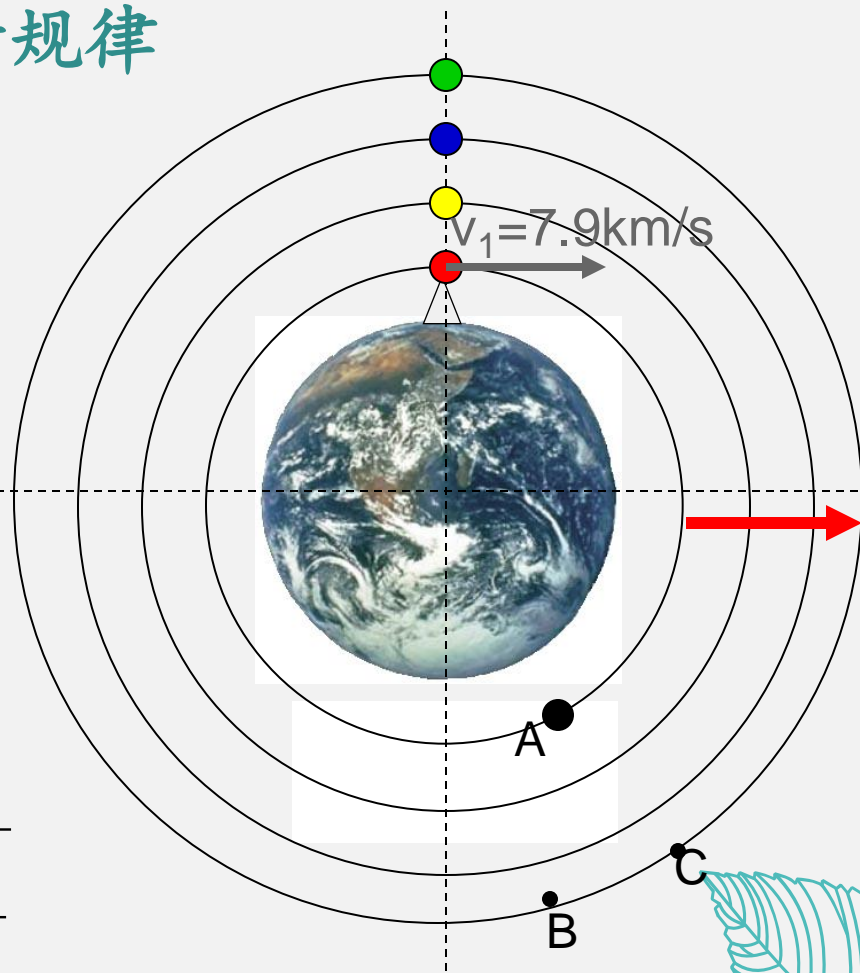
$$\frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{T_2^2} = k \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{r_1^3}{r_2^3}} = \sqrt{\frac{1}{2^3}} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

## 二、人造卫星的运行参数


# 卫星运行规律

基本方程 万有引力 = 向心力  
辅助方程 重力近似 = 万有引力

$$G \frac{Mm}{r^2} = \begin{cases} ma & a = G \frac{M}{r^2} \\ m \frac{v^2}{r} & v = \sqrt{G \frac{M}{r}} \\ m\omega^2 r & \omega = \sqrt{G \frac{M}{r^3}} \\ mr \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 & T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} \end{cases}$$



**结论：**  $a$ 、 $v$ 、 $\omega$ 、 $T$ 是相互联系的，其中一个量发生变化，其他各量也随之发生变化； $a$ 、 $v$ 、 $\omega$ 、 $T$ 皆与卫星的质量无关，只由**轨道半径** $r$ 和中心天体的质量 $M$ 决定。



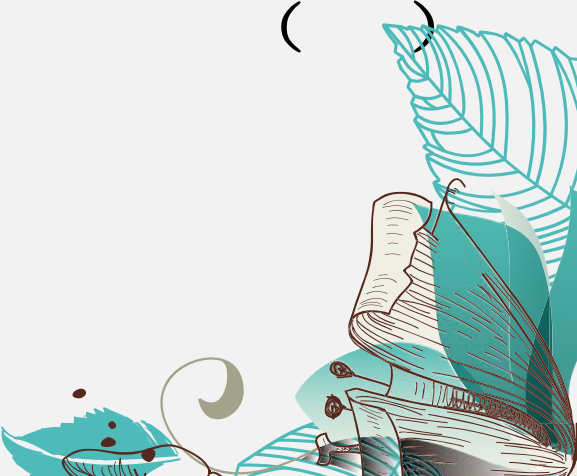
**【例题】** 某人造地球卫星在赤道平面内绕地球做匀速圆周运动，用  $m$  表示卫星的质量、 $h$  表示卫星离地面的高度、 $M$  表示地球的质量、 $R_0$  表示地球的半径、 $g_0$  表示地球表面处的重力加速度、 $T_0$  表示卫星的周期、 $\omega_0$  表示卫星自转的角速度，则：

(1) 地球人造卫星的环绕速度  $v$  的问题 ( )

A、 $\omega_0 (R_0+h)$     B、 $\sqrt{\frac{GM}{R_0+h}}$     C、 $\sqrt[3]{GM\omega_0}$     D、 $\sqrt[3]{\frac{2\pi GM}{T_0}}$

(2) 地球人造卫星所受的地球对它的万有引力  $F$  的大小为 ( )

A、 $m \frac{R_0^2 g_0}{(R_0+h)^2}$     B、 $m\omega_0^2 (R_0+h)$   
C、 $m \sqrt[3]{R_0^2 g_0 \omega_0^4}$     D、 $m \sqrt[3]{\frac{16\pi^4 GM}{T_0^4}}$





### 三、关于同步卫星的问题

(3) 如果该卫星的周期等于地球自转的周期，则卫星离地面的高度  $h$  为 ( )

A、因卫星的周期等于地球自转周期，则卫星离地面的高度确定

B、 $\sqrt[3]{\frac{R_0^2 g_0}{\omega_0^2}} - R_0$

C、 $\sqrt{\frac{GMT_0^2}{4\pi^2}} - R_0$

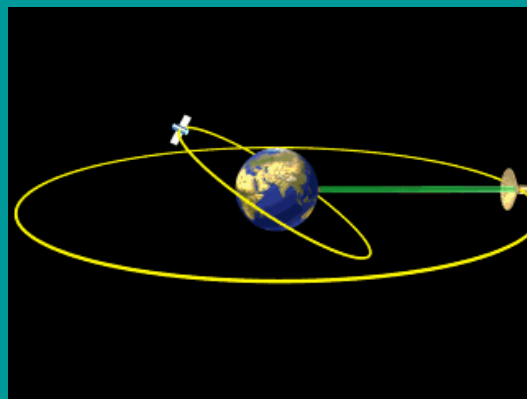
D、虽然卫星的角速度等于地球自转的角速度，但卫星离地面的高度可以选择。高度增加，环绕速度增大，高度降低，环绕速度减小。

该卫星特点：1、轨道平面位于赤道平面内；2、周期等于地球自转周期；3、该卫星相对地球表面静止。

**结论：**该卫星运转的周期与地球自转周期相同，相对地球表面静止。我们把这种卫星称之为**地球同步卫星**。

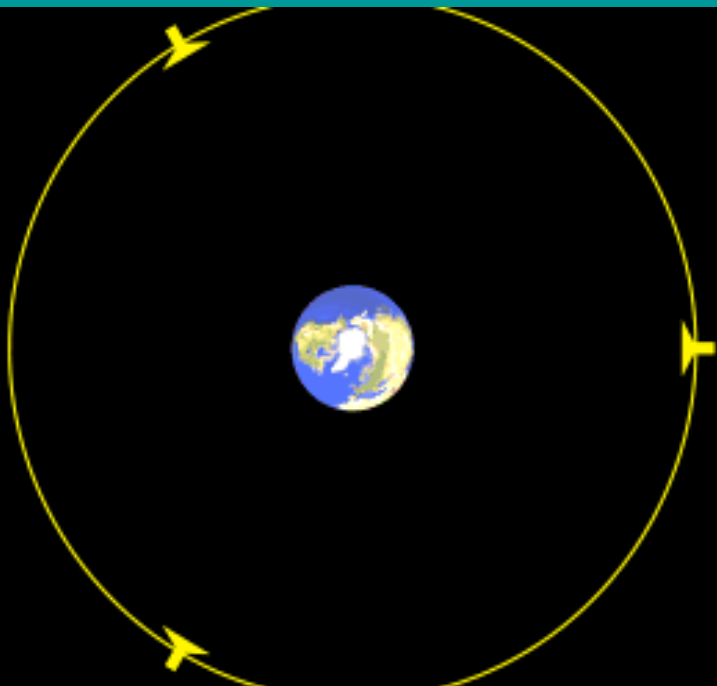
## 关于同步卫星的七个问题

- 1 同步卫星轨道为什么是圆而不是椭圆？
- 2 为什么同步卫星的轨道与地球赤道共面？
- 3 为什么所有同步卫星的高度都是一样的？
- 4 各国发射的同步卫星会相撞吗？
- 5 同步卫星是如何发射和回收的？
- 6 同步卫星发射过程中的“4个速率”的大小关系？
- 7 为什么要至少发射三颗同步卫星且对称分布在同一轨道上,才能实现全球通信？



注：问题1~4本课时解决；问题5、6、7第二课时进行。

## 四、阅读材料 拓展视野



和平开发太空资源，造福全人类



人类航天事业发展的历史和中国航天事业的主要成就



卫星发射的失败视频



## 课堂小结

通过本节课的学习你学会了哪些知识，学到了哪些解决实际问题的方法？

知 识	方 法
<ol style="list-style-type: none"><li>1、宇宙速度</li><li>2、人造卫星的原理和运行规律。</li><li>3、近地卫星与同步卫星。</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1、猜想外推的科学方法。</li><li>2、研究天体运动的基本方法。</li></ol>

## 课后作业

- 1、阅读：人造卫星十八问；
- 2、观看：影片《BBC：人造卫星传奇》。



## 人造卫星

### 一、宇宙速度：

第一宇宙速度：7.9km/s

意义：它是人造卫星近绕地球做匀速圆周运动所必须具备的  
最大运行速度和最小发射速度。

第二宇宙速度：11.2km/s

第三宇宙速度：16.7km/s。

二、卫星的运行参数： $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$     $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$     $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

近地卫星： $r \approx R_{\text{地}}$

同步卫星：周期确定，轨道平面在赤道上；角速度、线速度、轨道半径为定值。

三、阅读扩展：和平开发太空资源、造福全人类



2018

感谢聆听 批评指导

Thank you for listening

welcome to guidance

