



第六章

D ILIU ZHANG

万有引力与航天



第 5 节



宇宙航行



1. 人造卫星围绕地球做匀速圆周运动，所需向心力由地球对卫星万有引力提供。
2. 第一宇宙速度为 7.9 km/s ，其意义为最小发射速度或最大围绕速度。
3. 第二宇宙速度为 11.2 km/s ，其意义表示物体脱离地球束缚所需要最小发射速度。
4. 第三宇宙速度为 16.7 km/s ，其意义为物体脱离太阳引力束缚所需最小发射速度。



理解
LIJIE

掌握为本

教材新知

知识点一

宇宙速度

1. 人造地球卫星 [自学教材]

(1)概念：如图6-5-1所表示，当物体初速度够大时，它将会围绕地球转而不再落回地面，成为一颗绕地球转动人造卫星。

(2)运动规律：普通情况下可认为人造卫星绕地球做匀速圆周运动。

(3)向心力起源：人造地球卫星向心力由万有引力提供。

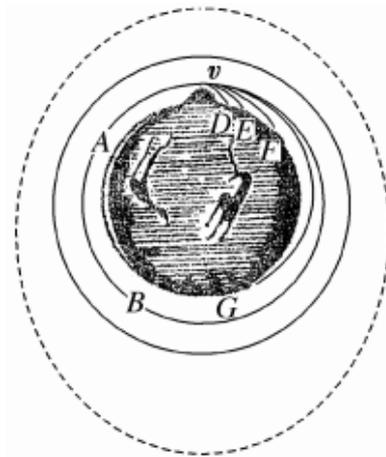


图6-5-1

地球对它



2. 宇宙速度

- (1)第一宇宙速度: $v_1 = 7.9 \text{ km/s}$, 又称围绕速度。
- (2)第二宇宙速度: $v_2 = 11.2 \text{ km/s}$, 又称脱离速度。
- (3)第三宇宙速度: $v_3 = 16.7 \text{ km/s}$, 也叫逃逸速度。

3. 梦想成真

1957年10月, 前苏联成功发射了第一颗人造卫星;
1969年7月, 美国“阿波罗11号”登上月球;
10月15日, 我国航天员杨利伟踏入太空。

前苏联

月球

杨利伟

[重点诠释]

对宇宙速度了解

宇宙速度是满足地球上不一样要求卫星发射速度，不能了解成卫星运行速度。

(1)第一宇宙速度：指人造卫星在地面附近绕地球做匀速圆周运动所含有速度，是人造地球卫星最小发射速度， $v = 7.9 \text{ km/s}$ 。

设地球质量为 M ，卫星质量为 m ，卫星到地心距离为 r ，卫星做匀速圆周运动线速度为 v ，依据万有引力定律和牛顿第二定律得：

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

应用近地条件 $r \approx R$ (R 为地球半径), 取 $R = 6\,400 \text{ km}$, $M = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$, 则:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 7.9 \text{ km/s}。$$

第一宇宙速度的另一种推导: 在地面附近, 万有引力近似等于重力, 此力提供卫星做匀速圆周运动的向心力。(地球半径 R 、地面重力加速度 g 已知)

由 $mg = m \frac{v^2}{R}$ 得

$$v = \sqrt{gR} = \sqrt{9.8 \times 6\,400 \times 10^3} \text{ m/s} = 7.9 \text{ km/s}。$$

(2)第二宇宙速度：在地面上发射物体，使之能够脱离地球引力作用，成为绕太阳运动人造行星或绕其它行星运动人造卫星所必需最小发射速度，其大小为 $v=11.2\text{ km/s}$ 。

(3)第三宇宙速度：在地面上发射物体，使之最终能脱离太阳引力范围，飞到太阳系以外宇宙空间所必需最小发射速度，其大小为 $v = 16.7\text{ km/s}$ 。

////// 典题强化 //////////////

1. 关于第一宇宙速度，以下说法正确是 ()

- A. 它是人造地球卫星绕地球运行最小速度
- B. 它是人造地球卫星在近地圆轨道上绕行速度
- C. 它是能使卫星进入近地圆轨道最小发射速度
- D. 它是卫星在椭圆轨道上运行时近地点速度

解析：第一宇宙速度是卫星最小发射速度，也是卫星围绕地球做圆周运动最大绕行速度，A错误；B、C正确；卫星沿椭圆轨道运行时，在近地点做离心运动，说明近地点速度大于第一宇宙速度，D错误。

答案：BC

知识点二

人造地球卫星

1.人造卫星轨道

卫星绕地球做匀速圆周运动时由地球对它万有引力充当向心力。所以卫星绕地球做匀速圆周运动圆心必与地心重合，而这么轨道

有各种，其中比较特殊有与赤道共面赤道轨道和经过两极点上空极地轨道。当然也应存在着与赤道平面成某一角度圆轨道。如图6—5—2所表示。

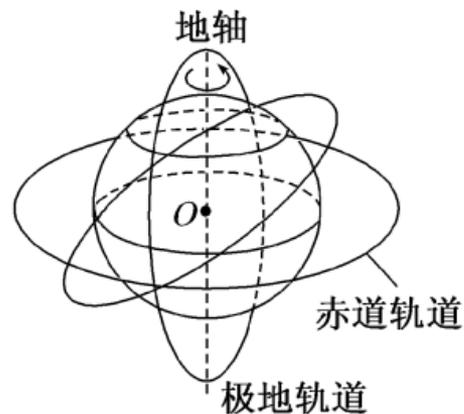


图6—5—2

2. 人造卫星的运行规律

(1)人造卫星的运行速率：由 $G\frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ 得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，即

为人造卫星绕地球做匀速圆周运动时的线速度。说明轨道半径越大，卫星做圆周运动的线速度就越小；当 $r=R$ 时，卫星绕地

面运行， $v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 7.9 \text{ km/s}$ ，这是第一宇宙速度，也是卫星

绕地球做圆周运动的最大环绕速度。



(2)人造卫星的运行周期：由 $G\frac{Mm}{r^2} = mr\frac{4\pi^2}{T^2}$ ，得 $T = 2\pi$

$\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ ，说明轨道半径越大，卫星做圆周运动的周期就越大，

即所需时间越长；当 $r=R$ 时， $T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$ ，这是卫星绕

地球做圆周运动时所需的最短时间，将地球的质量、半径代入求得最短周期为 **84.8 min**。

////// 典题强化 /////
 //

2.如图6-5-3中圆*a*、*b*、*c*，其圆心均位于地球自转轴线上，对卫星围绕地球做匀速圆周运动而言，以下说法正确是 ()

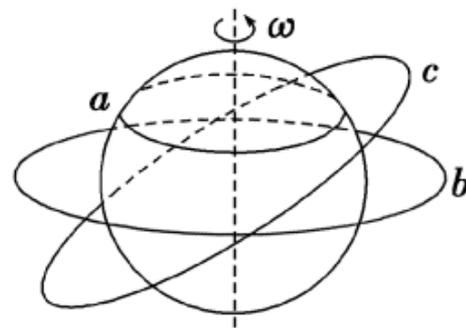


图6-5-3

- A. 卫星轨道可能为*a*
- B. 卫星轨道可能为*b*
- C. 卫星轨道可能为*c*
- D. 同时卫星轨道只可能为*b*



解析：因为物体做匀速圆周运动时，协力一定是指向圆心，所以地球卫星圆心应与地球球心重合，A错误、B、C正确。同时卫星轨道必须在赤道上方，选项D正确。

答案：BCD

知识点三

地球同步卫星

相对于地面静止且与地球自转含有相同周期卫星叫地球同时卫星，又叫通讯卫星。同时卫星有以下几个特点：

- (1)同时卫星运行方向与地球自转方向一致。
- (2)同时卫星运转周期与地球自转周期相同，即 $T=24\text{ h}$ 。
- (3)同时卫星运行角速度等于地球自转角速度。
- (4)要与地球同时，卫星轨道平面必须与赤道平面平行，又因为向心力是万有引力提供，万有引力必须在轨道平面上，所以同时卫星轨道平面均在赤道平面上，即全部同时卫星都在赤道正上方，不可能定点在我国某地上空。

(5)同步卫星高度固定不变。

所有同步卫星的周期 T 、轨道半径 r 、环绕速度 v 、角速度 ω 及向心加速度 a 的大小均相同。

由 $G\frac{Mm}{r^2} = mr \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$ 知 $r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$ ，由于 T 一定，故 r 不

变。设 h 为卫星离地面的高度，由 $r = R + h$ 得 $h = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} - R$ 。

又因为 $GM = gR^2$ ，代入数据 $T = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$ ， $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ， $R = 6400 \text{ km}$ ，得 $h \approx 3.6 \times 10^4 \text{ km}$ 。

也就是说，同步卫星必须定位于赤道的正上方，离地面的高度约为 $3.6 \times 10^4 \text{ km}$ 。

(6)同步卫星的环绕速度大小一定。设其运行速度为 v 。

$$\text{由于 } G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \frac{v^2}{R+h},$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}} = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$$

$$= \sqrt{\frac{9.8 \times (6.4 \times 10^6)^2}{6.4 \times 10^6 + 3.6 \times 10^7}} \text{m/s} \approx 3.1 \times 10^3 \text{m/s}。$$



[尤其提醒]

(1)全部同时卫星周期 T 、轨道半径 r 、围绕速度 v 、角速度 ω 及向心加速度 a 大小均相同。

(2)全部国家发射同时卫星轨道都与赤道为同心圆，它们都在同一轨道上运动且都相对静止。



////// 典题强化 //////////////

3. 同步卫星离地心的距离为 r ，运行速度为 v_1 ，加速度为 a_1 ，地球赤道上的物体随地球自转的向心加速度为 a_2 ，第一宇宙速度为 v_2 ，地球的半径为 R ，则 ()

A. $\frac{a_1}{a_2} = \frac{r}{R}$

B. $\frac{a_1}{a_2} = \frac{R}{r}$

C. $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{R}{r}}$

D. $\frac{v_1}{v_2} = \frac{R^2}{r^2}$

解析：同步卫星和地球赤道上的物体绕地心运动的角速度相

同，由 $a = \omega^2 r \propto r$ ，可得 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{r}{R}$ ，所以 A 正确。又由 $G \frac{Mm}{r^2} =$

$m \frac{v^2}{r}$ ，得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，对于同一中心天体有 $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$ ，所以 $\frac{v_1}{v_2} =$

$\sqrt{\frac{R}{r}}$ ，故 C 正确。

答案： AC



把握 **高考** **热点考向**
BAWO

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/155224132240011323>