

江苏省仪征中学 2021-2022 学年度第一学期高一物理学科导学案

7.4 宇宙航行

研制人：熊小燕

审核人：邱勇

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 授课日期 2022.03.24

本课在课程标准中的表述：了解人造地球卫星的历史及现状，知道人造卫星的特点。

[学习目标]

1. 会推导第一宇宙速度，知道三个宇宙速度的含义。
2. 了解人造地球卫星的历史及现状，知道人造卫星的特点。

[课前预习]

一、宇宙速度

1. 第一宇宙速度的推导

(1) 已知地球质量 $m_{地}$ 和半径 R ，物体在地面附近绕地球的运动可视为_____运动，_____提供物体

运动所需的向心力，轨道半径 r 近似认为等于_____，由 $\frac{Gmm_{地}}{R^2} = m\frac{v^2}{R}$ ，可得 $v = \sqrt{\frac{Gm_{地}}{R}}$ 。

(2) 已知地面附近的重力加速度 g 和地球半径 R ，由 $mg = m\frac{v^2}{R}$ 得： $v = \sqrt{gR}$ 。

2. 三个宇宙速度及含义

	数值	意义
第一宇宙速度	7.9 km/s	物体在_____绕地球做匀速圆周运动的速度
第二宇宙速度	11.2 km/s	在地面附近发射飞行器使其克服_____引力，永远离开地球的最小地面发射速度
第三宇宙速度	16.7 km/s	在地面附近发射飞行器使其挣脱_____引力束缚，飞到太阳系外的_____地面发射速度

二、人造地球卫星

1957年10月4日，世界上第一颗人造地球卫星发射成功。1970年4月24日，我国第一颗人造地球卫星“东方红一号”发射成功。为我国航天事业作出特殊贡献的科学家钱学森被誉为“中国航天之父”。

即学即用：

1. 判断下列说法的正误。

(1) 在地面上发射人造地球卫星的最小速度是 7.9 km/s。()

(2) 人造地球卫星的最小绕行速度是 7.9 km/s。()

(3) 我国向月球发射的“嫦娥二号”卫星在地面附近的发射速度要大于 11.2 km/s。()

(4) 在地面附近发射火星探测器的速度 v 满足 $11.2 \text{ km/s} < v < 16.7 \text{ km/s}$ 。()

(5) 由 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 知，高轨道卫星运行速度小，故发射高轨道卫星比发射低轨道卫星更容易。()

2. 已知火星的半径为 R ，火星的质量为 $m_{火}$ ，引力常量为 G ，则火星的第一宇宙速度为_____。

[课堂学习]

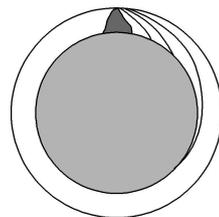
一、三个宇宙速度

【导学探究】 牛顿曾提出过一个著名的理想实验：如图所示，从高山上水平抛出一个物体，当抛出的速度足够大时，物体将环绕地球运动，成为人造地球卫星。据此思考并讨论以下问题：

(1) 当抛出速度较小时，物体做什么运动？当物体刚好不落回地面时，物体做什么运动？当抛出速度非常大时，物体还能落回地球吗？

(2) 已知地球的质量为 $m_{地}$ ，地球半径为 R ，引力常量为 G ，若物体紧贴地面飞行而不落回地面，其速度大小为多少？

(3) 已知地球半径 $R=6\,400\text{ km}$ ，地球表面的重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$ ，则物体环绕地球表面做圆周运动的速度多大？



【知识深化】

1. 第一宇宙速度

两个表达式：思路一：万有引力提供物体运动所需的向心力，由 $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}$ 得 $v=\sqrt{\frac{GM}{R}}$ 。

思路二：重力提供物体运动所需的向心力，由 $mg=m\frac{v^2}{R}$ 得 $v=\sqrt{gR}$ 。

2. 第二宇宙速度

在地面附近发射飞行器，使之能够克服地球的引力，永远离开地球所需的最小发射速度，其大小为 11.2 km/s 。当发射速度 $7.9\text{ km/s} < v_0 < 11.2\text{ km/s}$ 时，飞行器绕地球运行的轨道是椭圆，且在轨道不同点速度大小一般不同。

3. 第三宇宙速度

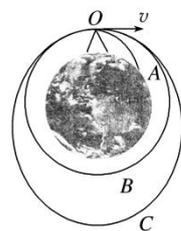
在地面附近发射飞行器，使之能够挣脱太阳引力的束缚，飞到太阳系外的最小发射速度，其大小为 16.7 km/s 。

[深度思考]

1. 不同天体的第一宇宙速度是否相同？第一宇宙速度的决定因素是什么？与卫星有关吗？

1. 第一宇宙速度 7.9 km/s 是人造卫星的最_____发射速度，最_____运行速度；向高轨道发射卫星比向低轨道发射卫星需要更_____的发射速度。

例 1：如图所示，牛顿在思考万有引力定律时就曾设想，把物体从高山上 O 点以不同的速度 v 水平抛出，速度一次比一次大，落地点也就一次比一次远。如果速度足够大，物



体就不再落回地面，它将绕地球运动，成为人造地球卫星，则下列说法错误的是()

- A. 以 $v < 7.9 \text{ km/s}$ 的速度抛出的物体可能落在 A 点
- B. 以 $7.9 \text{ km/s} < v < 11.2 \text{ km/s}$ 的速度抛出的物体可能沿 C 轨道运动，在远地点的速率必小于 7.9 km/s
- C. 以 $7.9 \text{ km/s} < v < 11.2 \text{ km/s}$ 的速度抛出的物体可能沿 C 轨道运动，在远地点的速率可能超过 7.9 km/s
- D. 以 $11.2 \text{ km/s} < v < 16.7 \text{ km/s}$ 的速度抛出的物体将脱离地球

例 2: 我国发射了一颗绕月运行的探月卫星“嫦娥一号”。设该卫星的轨道是圆形的，且贴近月球表面。已知月球的质量约为地球质量的 $\frac{1}{81}$ ，月球的半径约为地球半径的 $\frac{1}{4}$ ，地球的第一宇宙速度约为 7.9 km/s ，则该

探月卫星绕月运行的最大速率约为()

- A. 0.4 km/s
- B. 1.8 km/s
- C. 11 km/s
- D. 36 km/s

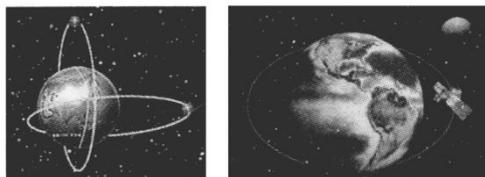
针对训练: 星球上的物体脱离星球引力所需的最小速度称为该星球的第二宇宙速度，星球的第二宇宙速度 v_2 与其第一宇宙速度 v_1 的关系是 $v_2 = \sqrt{2}v_1$ 。已知某星球的半径为 r ，星球表面的重力加速度为地球表面重力加速度 g 的 $\frac{1}{6}$ ，不计其他星球的影响，则该星球的第二宇宙速度为()

- A. \sqrt{gr}
- B. $\sqrt{\frac{1}{6}gr}$
- C. $\sqrt{\frac{1}{3}gr}$
- D. $\frac{1}{3}\sqrt{gr}$

二、人造地球卫星

【导学探究】 在地球的周围，有许多的卫星在不同的轨道上绕地球转动，如图甲、乙。请思考：

- (1) 这些卫星运动所需的向心力都是由什么力提供的？这些卫星的轨道平面有什么特点？
- (2) 这些卫星的线速度大小、角速度、周期跟什么因素有关呢？



甲

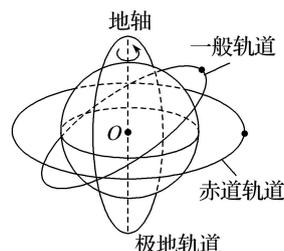
乙

【知识深化】

1. 人造地球卫星

(1) 卫星的轨道平面可以在赤道平面内(如同步轨道)，可以通过两极上空(极地轨道)，也可以和赤道平面成任意角度，如图所示。

(2) 因为地球对卫星的万有引力提供了卫星绕地球做圆周运动的向心力，所以地心必定是卫星圆轨道的圆心。



2. 近地卫星、同步卫星、极地卫星和月球

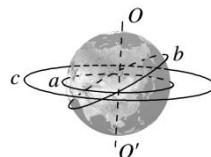
- (1)近地卫星：地球表面附近的卫星， $r \approx R$ ；线速度大小 $v \approx 7.9 \text{ km/s}$ 、周期 $T = \frac{2\pi R}{v} \approx 85 \text{ min}$ ，分别是人造地球卫星做匀速圆周运动的最大速度和最小周期。
- (2)同步卫星：位于地球赤道上方，相对于地面静止不动，它的角速度跟地球的自转角速度相同，广泛应用于通信，又叫同步通信卫星。
- (3)极地卫星：轨道平面与赤道平面夹角为 90° 的人造地球卫星，运行时能到达南北极上空。
- (4)月球绕地球的公转周期 $T = 27.3 \text{ 天}$ ，月球和地球间的平均距离约 38 万千米，大约是地球半径的 60 倍。

例 3：可以发射一颗这样的人造地球卫星，使其圆轨道()

- A. 与地球表面上某一纬线(非赤道)是共面同心圆
- B. 与地球表面上某一经线所决定的圆是共面同心圆
- C. 地球同步倾斜轨道卫星可相对静止在北京上空
- D. 与地球表面上的赤道线是共面同心圆，但卫星相对地球表面是运动的

例 4：如图所示， a 为放在赤道上相对地球静止的物体，随地球自转做匀速圆周运动， b 为沿地球表面附近做匀速圆周运动的人造卫星(轨道半径约等于地球半径)， c 为地球的同步卫星。下列关于 a 、 b 、 c 的说法中正确的是()

- A. b 卫星转动线速度大于 7.9 km/s
- B. a 、 b 、 c 做匀速圆周运动的向心加速度大小关系为 $a_a > a_b > a_c$
- C. a 、 b 、 c 做匀速圆周运动的周期关系为 $T_a = T_c < T_b$
- D. 在 b 、 c 中， b 的线速度大



[课后作业] 完成课后作业

[课后感悟] _____

江苏省仪征中学 2021—2022 学年度第一学期高一物理学科作业

7.4 宇宙航行

研制人：熊小燕

审核人：邱勇

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 时间：2022.03.24 作业时长：30 分钟

[基础练习]

- 下列有关宇宙速度的说法不正确的是()
 - 月球探测卫星的发射速度大于第二宇宙速度
 - 地球同步卫星的运行速度小于第一宇宙速度
 - 第一宇宙速度是使人造卫星绕地球运动所需的最小发射速度
 - 第二宇宙速度是在地面附近使物体可以挣脱地球引力束缚，离开地球所需的最小发射速度
- 关于宇宙速度，下列说法正确的是()
 - 第一宇宙速度是人造卫星运行时的最大速度
 - 第一宇宙速度是地球同步卫星的发射速度
 - 人造地球卫星运行时的速度介于第一宇宙速度和第二宇宙速度之间
 - 第三宇宙速度是物体脱离地球的最小发射速度
- 若取地球的第一宇宙速度为 8 km/s，某行星的质量是地球质量的 6 倍，半径是地球半径的 1.5 倍，此行星的第一宇宙速度为()
 - 16 km/s
 - 32 km/s
 - 4 km/s
 - 2 km/s
- 2020 年 1 月我国成功发射了“吉林一号”宽幅 01 星，该卫星轨道可看作距地面高度为 650 km 的圆，地球半径为 6 400 km，第一宇宙速度为 7.9 km/s.则该卫星的运行速度为()
 - 11.2 km/s
 - 7.9 km/s
 - 7.5 km/s
 - 3.1 km/s
- 金星的半径是地球半径的 $\frac{4}{5}$ ，质量是地球质量的 $\frac{2}{5}$ ，忽略金星、地球自转的影响，金星表面的自由落体加速度与地球表面的自由落体加速度之比，金星的第一宇宙速度与地球的第一宇宙速度之比分别是()
 - 5 : 8 1 : 2
 - 5 : 8 $\sqrt{2} : 2$
 - 1 : 2 $\sqrt{2} : 2$
 - 1 : 2 1 : 2

[能力练习]

- 某星球的半径为 R ，在其表面上方高度为 aR 的位置，以初速度 v_0 水平抛出一个金属小球，水平射程为 bR ， a 、 b 均为数值极小的常数，不计阻力，忽略星球的自转，则这个星球的第一宇宙速度为()

- $\frac{\sqrt{2a}}{b}v_0$
- $\frac{\sqrt{b}}{a}v_0$
- $\frac{\sqrt{a}}{b}v_0$
- $\frac{\sqrt{a}}{2b}v_0$

7. 一个多世纪以前, 爱因斯坦发表了广义相对论, 而现代物理中的黑洞理论正是建立在该理论的基础上. 2019年4月10日, 事件视界望远镜(EHT)国际合作项目的天体物理学家宣布, 他们首次捕捉到了黑洞的图像. 物体

从地球上的逃逸速度(第二宇宙速度) $v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$, 其中 G 、 M 、 R 分别是引力常量、地球的质量、地球的半径,

已知 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, 光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$. 已知逃逸速度大于真空中光速的天体叫作黑洞, 设某一黑洞的质量 $m = 5 \times 10^{31} \text{ kg}$, 则它可能的最大半径约为()

A. $7.41 \times 10^2 \text{ m}$

B. $7.41 \times 10^3 \text{ m}$

C. $7.41 \times 10^4 \text{ m}$

D. $7.41 \times 10^5 \text{ m}$

[提升练习]

★8. 2016年8月16日, 我国科学家自主研制的世界上首颗量子科学实验卫星“墨子号”成功发射, 并进入预定圆轨道. 已知“墨子号”卫星的质量为 m , 轨道离地面的高度为 h , 绕地球运行的周期为 T , 地球半径为 R , 引力常量为 G . 求:

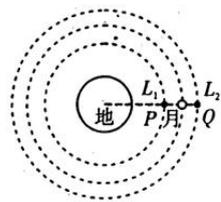
(1) “墨子号”卫星所需的向心力大小;

(2) 地球的质量;

(3) 第一宇宙速度的大小.

7.4 《宇宙航行》补充练习

1. 如图，地月拉格朗日点 L_1 和 L_2 位于地球和月球连线上，处在该点的物体在地球和月亮引力的共同作用下，可与月球一起以相同的周期绕地球运动。假设在地月拉格朗日点 L_1 和 L_2 分别建立了空间站 P 和 Q ，使其与月球同周期绕地球运动，以 a_1 、 a_2 、 a_3 分别表示空间站 P 、月球、空间站 Q 的向心加速度的大小，则以下判断正确的是



- A. $a_1 > a_2 > a_3$ B. $a_1 = a_2 = a_3$
 C. $a_1 < a_2 < a_3$ D. $a_1 = a_3 \neq a_2$

2. 火星是太阳系中最接近地球引力条件的行星，设火星质量为 $m_{\text{火}}$ ，半径为 R ，引力常量为 G ，以下说法正确的是 ()

A. 如果在火星上以初速度 v_0 竖直上抛一个物体，则物体上升的最大高度为 $\frac{R^2 v_0^2}{2Gm_{\text{火}}}$

B. 如果在火星上以初速度 v_0 竖直上抛一个物体，则物体落回到抛出点所用时间为 $\frac{R^2 v_0^2}{Gm_{\text{火}}}$

C. 如果在火星上发射一颗绕火星做圆周运动的卫星，则最大运行速度为 $\sqrt{\frac{R}{Gm_{\text{火}}}}$

D. 如果在火星上发射一颗绕火星做圆周运动的卫星，则最小周期为 $2\pi \sqrt{\frac{R}{Gm_{\text{火}}}}$

3. 我国最后一颗（第 55 颗）北斗导航系统组网卫星已于 2020 年 4 月 4 日运抵西昌卫星发射中心，并计划于 6 月中旬完成发射，该卫星属于地球静止轨道卫星（同步卫星），下列说法正确的是 ()

- A. 该卫星在地表发射时的速度应大于 11.2 km/s
 B. 该卫星运行时线速度的大小与处于地球赤道上静止的物体线速度大小相等
 C. 该卫星运行时向心加速度一定小于地表的重力加速度
 D. 由于该卫星在轨道上运行时处于完全失重状态，故不受地球的万有引力

4. 宇航员在某星球表面做了如图甲所示的实验，将一插有风帆的滑块放置在倾角为 θ 的粗糙斜面上由静止开始下滑，帆在星球表面受到的空气阻力与滑块下滑的速度成正比，即 $F = kv$ ， k 为已知常数，宇航员通过传感器测量得到滑块下滑的加速度 a 与速度 v 的关系图象如图乙所示，已知图中直线在纵轴与横轴的截距分别为 a_0 、 v_0 ，滑块与足够长斜面间的动摩擦因数为 μ ，星球的半径为 R ，引力常量为 G ，忽略星球自转的影响，由上述条件可判断出 ()

A. 滑块的质量为 $\frac{ka_0}{v_0}$

B. 星球的密度为 $\frac{3a_0}{4\pi GR(\sin\theta - \mu\cos\theta)}$

C. 星球的第一宇宙速度 $\sqrt{\frac{a_0 R}{\cos\theta - \mu\sin\theta}}$

D. 该星球近地卫星的周期为 $\sqrt{\frac{\sin\theta - \mu\cos\theta}{a_0}}$

