

## 第 4.5 节 天体运动和人造卫星

### 要点一 宇宙速度的理解与计算

1. 已知地球的质量约为火星质量的 10 倍, 地球的半径约为火星半径的 2 倍, 则航天器在火星表面附近绕火星做匀速圆周运动的速率约为( )

- A. 3.5 km/s      B. 5.0 km/s      C. 17.7 km/s      D. 35.2 km/s

2. 物体脱离星球引力所需要的最小速度称为第二宇宙速度, 第二宇宙速度  $v_2$  与第一宇宙速度  $v_1$  的关系是  $v_2 = \sqrt{2}v_1$ 。已知某星球半径是地球半径  $R$  的  $\frac{1}{3}$ , 其表面的重力加速度是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.  $\sqrt{\frac{1}{3}}\sqrt{gR}$       C.  $\sqrt{\frac{1}{6}}\sqrt{gR}$       D.  $\sqrt{3gR}$

3. 随着我国登月计划的实施, 我国宇航员登上月球已不是梦想: 假如我国宇航员登上月球并在月球表面附近以初速度  $v_0$  竖直向上抛出一个球, 经时间  $t$  后回到出发点。已知月球的半径为  $R$ , 万有引力常量为  $G$ , 则下列说法正确的是( )

- A. 月球表面的重力加速度为  $\frac{v_0}{t}$   
 B. 月球的质量为  $\frac{2v_0R^2}{Gt}$   
 C. 宇航员在月球表面获得  $\sqrt{\frac{v_0R}{t}}$  的速度就可能离开月球表面围绕月球做圆周运动  
 D. 宇航员在月球表面附近绕月球做匀速圆周运动的绕行周期为  $\sqrt{\frac{Rt}{v_0}}$

### 要点二 卫星运行参量的分析与比较

[典例] 研究表明, 地球自转在逐渐变慢, 3 亿年前地球自转的周期约为 22 小时。假设这种趋势会持续下去, 地球的其他条件都不变, 未来人类发射的地球同步卫星与现在的相比( )

- A. 距地面的高度变大      B. 向心加速度变大  
 C. 线速度变大      D. 角速度变大

#### [针对训练]

1. (多选) “马航失联”事件发生后, 中国在派出水面和空中力量的同时, 在第一时间紧急调动了 21 颗卫星参与搜寻。“调动”卫星的措施之一就是减小卫星环绕地球运动的轨道半径, 降低卫星运行的高度, 以有利于发现地面(或海洋)目标。下面说法正确的是( )

- A. 轨道半径减小后, 卫星的环绕速度减小      B. 轨道半径减小后, 卫星的环绕速度增大  
 C. 轨道半径减小后, 卫星的环绕周期减小      D. 轨道半径减小后, 卫星的环绕周期增大

2. 如图 4-5-1, 甲、乙两颗卫星以相同的轨道半径分别绕质量为  $M$  和  $2M$  的行星做匀速圆周运动, 下列说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL4-109.TIF"}

图 4-5-1

- A. 甲的向心加速度比乙的小                      B. 甲的运行周期比乙的小  
C. 甲的角速度比乙的大                         D. 甲的线速度比乙的大

3. 已知地球赤道上的物体随地球自转的线速度大小为  $v_1$ 、向心加速度大小为  $a_1$ ，近地卫星线速度大小为  $v_2$ 、向心加速度大小为  $a_2$ ，地球同步卫星线速度大小为  $v_3$ 、向心加速度大小为  $a_3$ 。设近地卫星距地面高度不计，同步卫星距地面高度约为地球半径的 6 倍。则以下结论正确的是( )

- A.  $\{eq \lfloor(v_2, v_3)\rfloor = \{eq \lfloor(r(6), 1)\rfloor$                       B.  $\{eq \lfloor(v_2, v_3)\rfloor = \{eq \lfloor(1, 7)\rfloor$  C .  $\{ eq \lfloor(a_1, a_3)\rfloor = \{eq \lfloor(1, 7)\rfloor$   
D.  $\{eq \lfloor(a_1, a_3)\rfloor = \{eq \lfloor(49, 1)\rfloor$

### 要点三 卫星变轨问题分析

[典例] (多选)发射地球同步卫星时，先将卫星发射至近地圆轨道 1，然后经点火，使其沿椭圆轨道 2 运行，最后再次点火，将卫星送入同步圆轨道 3，轨道 1 和 2 相切于  $Q$  点，轨道 2 和 3 相切于  $P$  点，设卫星在 1 轨道和 3 轨道正常运行的速度和加速度分别为  $v_1$ 、 $v_3$  和  $g_1$ 、 $g_3$ ，在 2 轨道经过  $P$  点时的速度和加速度为  $v_2$  和  $g_2$ ，且当卫星分别在 1、2、3 轨道上正常运行时周期分别为  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ ，以下说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL4-111.TIF"}

图 4-5-3

- A.  $v_1 > v_2 > v_3$       B.  $v_1 > v_3 > v_2$       C.  $g_1 > g_2 > g_3$       D.  $T_1 < T_2 < T_3$

### [针对训练]

1. (多选)如图 4-5-4 所示，地球卫星  $a$ 、 $b$  分别在椭圆轨道、圆形轨道上运行，椭圆轨道在远地点  $A$  处与圆形轨道相切，则( )

{INCLUDEPICTURE"15WL4-112.TIF"}

图 4-5-4

- A. 卫星  $a$  的运行周期比卫星  $b$  的运行周期短  
B. 两颗卫星分别经过  $A$  点处时， $a$  的速度大于  $b$  的速度  
C. 两颗卫星分别经过  $A$  点处时， $a$  的加速度小于  $b$  的加速度  
D. 卫星  $a$  在  $A$  点处通过加速可以到圆轨道上运行

2. 假设将来人类登上了火星，考察完毕后，乘坐一艘宇宙飞船从火星返回地球时，经历了如图 4-5-5 所示的变轨过程，则有关这艘飞船的下列说法，正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL4-113.TIF"}

图 4-5-5

- A. 飞船在轨道 I 上运动时的机械能大于在轨道 II 上运动时的机械能  
B. 飞船绕火星在轨道 I 上运动的周期跟飞船返回地面的过程中绕地球以轨道 I 同样的轨道半径运动的周期相同

C. 飞船在轨道Ⅲ上运动到  $P$  点时的加速度大于飞船在轨道Ⅱ上运动到  $P$  点时的加速度

D. 飞船在轨道Ⅱ上运动时, 经过  $P$  点时的速度大于经过  $Q$  点时的速度

#### 要点四 宇宙多星模型

[典例] 双星系统由两颗恒星组成, 两恒星在相互引力的作用下, 分别围绕其连线上的某一点做周期相同的匀速圆周运动。研究发现, 双星系统演化过程中, 两星的总质量、距离和周期均可能发生变化。若某双星系统中两星做圆周运动的周期为  $T$ , 经过一段时间演化后, 两星总质量变为原来的  $k$  倍, 两星之间的距离变为原来的  $n$  倍, 则此时圆周运动的周期为 ( )

A.  $\sqrt[3]{\frac{n^3}{k^2}}TB$ .  $\sqrt[3]{\frac{n^3}{k}}TC$ .  $\sqrt[3]{\frac{n^2}{k}}T$  D .  $\sqrt[3]{\frac{n}{k}}T$

#### [针对训练]

1.(多选)宇宙间存在一些离其他恒星较远的三星系统, 其中有一种三星系统如图 4-5-8 所示, 三颗质量均为  $m$  的星位于等边三角形的三个顶点, 三角形边长为  $R$ , 忽略其他星体对它们的引力作用, 三星在同一平面内绕三角形中心  $O$  做匀速圆周运动, 万有引力常量为  $G$ , 则( )

{INCLUDEPICTURE"15WL4-116.TIF"}

图 4-5-8

- A. 每颗星做圆周运动的线速度为  $\sqrt[3]{GmR}$
- B. 每颗星做圆周运动的角速度为  $\sqrt[3]{3GmR^3}$
- C. 每颗星做圆周运动的周期为  $2\pi \sqrt[3]{\frac{R^3}{3Gm}}$
- D. 每颗星做圆周运动的加速度与三星的质量无关

2. 宇宙中存在一些质量相等且离其他恒星较远的四颗星组成的四星系统, 通常可忽略其他星体对它们的引力作用。设四星系统中每个星体的质量均为  $m$ , 半径均为  $R$ , 四颗星稳定分布在边长为  $a$  的正方形的四个顶点上。已知引力常量为  $G$ 。关于宇宙四星系统, 下列说法错误的是( )

- A. 四颗星围绕正方形对角线的交点做匀速圆周运动
- B. 四颗星的轨道半径均为  $\frac{a}{2}$
- C. 四颗星表面的重力加速度均为  $\frac{Gm}{R^2}$
- D. 四颗星的周期均为  $2\pi a \sqrt[3]{\frac{2a(4+\sqrt{2})Gm}}{}}$