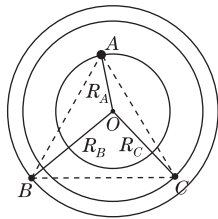


## 微专题突破三 宇宙多星模型

### 真题回顾

1. (2018·全国 I)(多选)2017年,人类第一次直接探测到来自双中子星合并的引力波.根据科学家们复原的过程,在两颗中子星合并前约 100 s 时,它们相距约 400 km,绕二者连线上的某点每秒转动 12 圈.将两颗中子星都看作是质量均匀分布的球体,由这些数据、万有引力常量并利用牛顿力学知识,可以估算出这一时刻两颗中子星( )
- A. 质量之积                      B. 质量之和  
C. 速率之和                      D. 各自的自转角速度

2. (2015·安徽卷)由三颗星体构成的系统,忽略其他星体对它们的作用,存在着一种运动形式:三颗星体在相互之间的万有引力作用下,分别位于等边三角形的三个顶点上,绕某一共同的圆心  $O$  在三角形所在的平面内做相同角速度的圆周运动(图示为  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三颗星体质量不相同的一般情况).若  $A$  星体质量为  $2m$ ,  $B$ 、 $C$  两星体的质量均为  $m$ ,三角形的边长为  $a$ ,求:



- (1)  $A$  星体所受合力大小  $F_A$ ;  
(2)  $B$  星体所受合力大小  $F_B$ ;  
(3)  $C$  星体的轨道半径  $R_C$ ;  
(4) 三颗星体做圆周运动的周期  $T$ .

### 模型破解

#### 1. 双星模型

(1)模型条件:两颗恒星彼此相距较近;两颗恒星靠相互之间的万有引力做匀速圆周运动;两颗恒星绕同一圆心做匀速圆周运动.

#### (2)模型特点

①向心力等大反向:两颗恒星做匀速圆周运动的向心力由它们之间的万有引力提供,故  $F_1 = F_2$ ,且方向相反,分别作用在两颗恒星上,是一对作用力和反作用力.

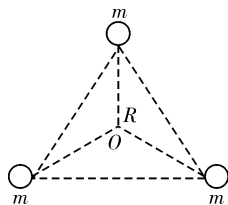
②周期、角速度相同:两颗恒星做匀速圆周运动的周期、角速度相等.

③半径、线速度与质量成反比:圆心在两颗恒星的连线上,且  $r_1 + r_2 = L$ ,两颗恒星做匀速圆周运动的半径与恒星的质量成反比.两颗恒星做匀速圆周运动的线速度与恒星的质量成反比.

#### 2. 三星模型

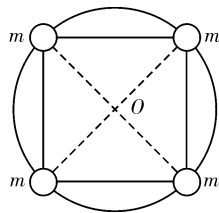
(1)第一种情况:三颗星位于同一直线上,两颗星围绕中央的星(静止不动)在同一半径为  $R$  的圆轨道上运行,周期相同.

(2)第二种情况:三颗星位于等边三角形的三个顶点上,并沿等边三角形的外接圆轨道运行,三颗星的运行周期相同(如图所示).



#### 3. 四星模型

(1)第一种情况:四颗星稳定地分布在边长为  $a$  的正方形的四个顶点上,均围绕正方形的两条对角线的交点做匀速圆周运动(如图所示).



(2)第二种情况:有三颗星位于边长为  $a$  的等边三角形的三个顶点上,并沿外接于等边三角形的圆形轨道运行,而第四颗星刚好位于三角形的中心不动.

#### 4. 多星模型问题分析方法:

一抓双星或多星的特点、规律,确定系统的中心以及运动的轨道半径;二抓星体的向心力由其他天体的万有引力的合力提供;三抓星体的角速度相等;四抓星体的轨道半径不是天体间的距离.要利用几何知识,寻找它们之间的关系,正确计算万有引力和向心力.

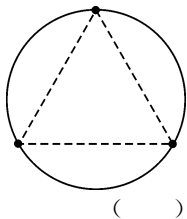
### 热身练习

1. 宇宙空间中两颗质量相等的星球绕其连线中心转动时,理论计算的周期与实际观测周期不符,且  $\frac{T_{\text{理论}}}{T_{\text{观测}}} = k (k > 1)$ ;因

此,科学家认为,在两星球之间存在暗物质.假设以两星球球心连线为直径的球体空间中均匀分布着暗物质,两星球的质量均为  $m$ ;那么,暗物质质量为 ( )

- A.  $\frac{k^2-1}{4}m$                       B.  $\frac{k^2-2}{8}m$   
C.  $(k^2-1)m$                       D.  $(2k^2-1)m$

2. 天文观测中观测到有三颗星位于边长为  $l$  的等边三角形三个顶点上,并沿等边三角形的外接圆做周期为  $T$  的匀速圆周运动.已知引力常量为  $G$ ,不计其他星体对它们的影响,关于这个三星系统,下列说法正确的是 ( )



- A. 它们两两之间的万有引力大小为  $\frac{16\pi^4 l^4}{9GT^4}$   
B. 某颗星的质量为  $\frac{3GT^2}{4\pi^2 l^3}$   
C. 三颗星的质量可能不相等  
D. 它们的线速度大小均为  $\frac{2\sqrt{3}\pi l}{T}$

3. 宇宙中存在质量相等的四颗星组成的四星系统,这些系统一般离其他恒星较远,通常可忽略其他星体对它们的引力作用.四星系统通常有两种构成形式:一是三颗星绕另一颗中心星运动(三绕一);二是四颗星稳定地分布在正方形的四个顶点上运动.若每个星体的质量均为  $m$ ,引力常量为  $G$ .

- (1)分析说明三绕一应该具有怎样的空间结构模式;  
(2)若相邻星球的最小距离为  $a$ ,求两种构成形式下天体运动的周期之比.

## 高考回眸

1. (2019·全国卷Ⅱ)物块在轻绳的拉动下沿倾角为  $30^\circ$  的固定斜面向上匀速运动,轻绳与斜面平行.已知物块与斜面之间的动摩擦因数为  $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ,重力加速度取  $10 \text{ m/s}^2$ .若轻绳能承受的最大张力为  $1\ 500 \text{ N}$ ,则物块的质量最大为 ( )

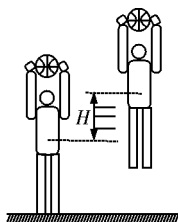
- A.  $150 \text{ kg}$                       B.  $100\sqrt{3} \text{ kg}$   
C.  $200 \text{ kg}$                       D.  $200\sqrt{3} \text{ kg}$

2. (2019·全国卷Ⅲ)用卡车运输质量为  $m$  的匀质圆筒状工件,为使工件保持固定,将其置于两光滑斜面之间,如图所示.两斜面 I、II 固定在车上,倾角分别为  $30^\circ$  和  $60^\circ$ .重力加速度为  $g$ .当卡车沿平直公路匀速行驶时,圆筒对斜面 I、II 压力的大小分别为  $F_1$ 、 $F_2$ ,则 ( )



- A.  $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}mg, F_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$   
B.  $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg, F_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$   
C.  $F_1 = \frac{1}{2}mg, F_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$   
D.  $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg, F_2 = \frac{1}{2}mg$

3. (2019·全国卷Ⅰ)如图,篮球架下的运动员原地垂直起跳扣篮,离地后重心上升的最大高度为  $H$ .上升第一个  $\frac{H}{4}$  所用的时间为  $t_1$ ,第四个  $\frac{H}{4}$  所用的时间为  $t_2$ .



不计空气阻力,则  $\frac{t_2}{t_1}$  满足 ( )

- A.  $1 < \frac{t_2}{t_1} < 2$                       B.  $2 < \frac{t_2}{t_1} < 3$   
C.  $3 < \frac{t_2}{t_1} < 4$                       D.  $4 < \frac{t_2}{t_1} < 5$

4. (2019·全国卷Ⅱ)2019年1月,我国“嫦娥四号”探测器成功在月球背面软着陆,在探测器“奔向”月球的过程中,用  $h$  表示探测器与地球表面的距离,  $F$  表示它所受的地球引力,能够描  $F$  随  $h$  变化关系的图象是 ( )

