

# 匀速圆周运动可以这样分解吗？

黄尚波

(福建省南安市侨光中学, 福建 泉州 362314)

《物理教师》2015 年第 5 期刊登了“三个宇宙速度的多种推导及教学启示”一文。文中作者分别介绍了三个宇宙速度的多种推导方法，其中关于第一宇宙速度的推导方法 3 作者将匀速圆周运动视为沿切线方向的匀速直线运动和沿半径方向的匀加速直线运动的合运动，并据此推出第一宇宙速度速度的计算式，笔者认为该方法值得商榷，特在此提出并作如下分析，若有不当之处敬请同行批判指正。

原文的推导方法：应用运动的合成与分解规律推导。众所周知，按照第一宇宙速度稳定运行的卫星，其运动轨迹基本上与地球大圆重合。如图 1 所示，卫星从 A 点运动到 C 点的运动，可以看成是沿切线 AB 方向的匀速直线运动和 BC 方向的自由落体运动的合运动，这是由卫星沿切线方向不受力、沿径向只受重力所决定的。 $AB = v_1 t$  ( $v_1$  为第一宇宙速度)， $BC = \frac{1}{2}gt^2$ ，地球半径为  $R$ ，由于卫星高度可以忽略不计，根据几何关系可得

$$(R + \frac{1}{2}gt^2)^2 = R^2 + (v_1 t)^2 \quad (1)$$

$$\cos \theta = \frac{v_1 t}{R + \frac{1}{2}gt^2} = \frac{gt}{v_1} \quad (2)$$

(1)、(2) 式联立得

$$\frac{v_1^4}{g^2} - \frac{2R}{g}v_1^2 + R = 0$$

$$\text{解得 } v_1 = \sqrt{gR} = 7.9 \text{ km/s.}$$

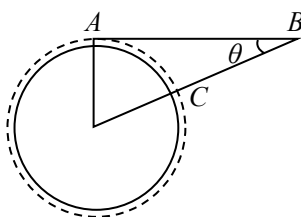


图 1

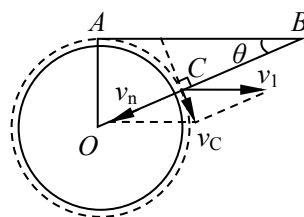


图 2

对以上原文推导中需要补充说明的是：作者通过卫星运动到 C 点的径向分速度  $v_n$ 、切线 AB 方向的分速度  $v_1$  和合速度  $v_c$  三者的矢量关系（如图 2 所示）得到关系式  $\cos \theta = \frac{v_n}{v_1} = \frac{gt}{v_1}$ ；(1) (2) 两式应对任意

给定的时间  $t$  ( $t \geq 0$ ) 都成立，这样才有物理意义。

笔者认为原文的推导方法中存在以下几个问题：

1. 原文 (1)、(2) 式经变形后分别得到

$$\frac{v_1^2}{R} = g + \frac{g^2 t^2}{4R} \quad (3)$$

$$\frac{v_1^2}{R} = g + \frac{g^2 t^2}{2R} \quad (4)$$

对比 (3) (4) 两式可知，两式均成立则时间  $t$  只能为零，这与原文 (1) (2) 两式时间  $t$  取任意值都成立

的原则相违背。

2. 近地卫星绕地球做匀速圆周运动由重力提供向心力, 有  $mg = m \frac{v_1^2}{R}$

化简得  $g = \frac{v_1^2}{R}$  (5)

将(5)式与(3)式或(4)式比较可知这些等式要成立时间 $t$ 同样只能为零, 这同样与原文(1)(2)两式时间 $t$ 取任意值都成立的原则相违背。

3. 由于卫星做匀速圆周运动, 卫星运动到 $C$ 点的合速度 $v_C$ 与切线 $AB$ 方向的分速度 $v_1$ 大小应相等, 而由图2可知 $v_1$ 大于 $v_C$ (即直角三角形的斜边大于直角边), 这显然与卫星做匀速圆周运动速度的大小保持不变相矛盾。

4. 笔者联立(1)(2)两式无法推算得到(3)式, 不理解文中作者是如何推算出来的。

基于以上的分析, 笔者认为原文的推导方法是错误的, 究其原因是原文作者错误地将匀速圆周运动分解为沿切线方向的匀速直线运动和径向的匀加速直线运动。那么, 为什么匀速圆周运动不可以这样分解呢? 我们知道, 匀速圆周运动的物体所需的向心力虽然大小保持不变, 方向一直沿半径方向指向圆心, 但其方向是一直在随时间变化, 显然向心力不是恒力, 故不能认为匀速圆周运动的物体沿径向做匀加速直线运动。另外, 从力做功的角度来看, 如果我们将匀速圆周运动分解为沿切线方向的匀速直线运动和径向的匀加速直线运动, 则向心力会对物体做正功, 这就与向心力不做功相矛盾。可见, 在分析和求解物理问题时, 应注意物理规律的适用条件和适用范围, 恰当地运用物理规律, 否则将得出错误的结论。

#### 参考文献:

李兴. 三个宇宙速度的多种推导及教学启示[J]. 物理教师, 2015(5): 20.