

高中视角解读自行车转弯问题

从岩 魏彩军

(安徽巢湖春晖学校 安徽 巢湖 238000)

(收稿日期:2017-04-21)

摘要:自行车转弯作为与生活联系最紧密的圆周问题模型之一,在教学过程中被不断地重现.但对于该问题的解析各家观点不一,且解析中多出现超出高中物理课程的知识内容,使得教师在教学过程中常常感到无所适从,学生自学时也无从下手.让该问题回归高中知识,是帮助中学生掌握该问题的关键.

关键词:自行车转弯 原始物理问题 习题研究

1 原题重现

【题目】人骑自行车转弯的时候需要倾斜一定的角度.问:自行车倾角为多大时才能够安全过弯而不摔倒?

常见解析:

(1) 抽象表征

将自行车抽象为直杆模型.

(2) 赋值表征

设:自行车转弯时倾斜角度为 θ ;人和自行车的总质量为 m ;自行车转弯半径为 R .

(3) 图像表征

1) 画出自行车受力分析图(图1);

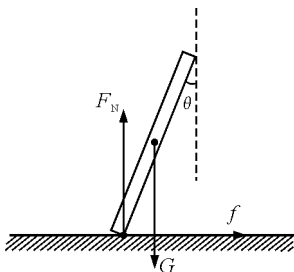


图1 自行车受力分析图

2) 简化为矢量关系图(图2)

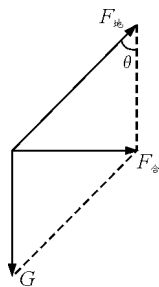


图2 受力矢量关系图

(4) 方法表征

1) 整体法.

将自行车和人看成整体.地面对自行车的侧向摩擦力提供转弯所需向心力.

2) 力矩平衡法.

若选取重心为转动轴,由力矩平衡得,地面作用于自行车的合力必过重心.

(5) 物理表征

圆周运动受力特点: $F_{\text{合}} = m \frac{v^2}{R}$.

(6) 数学表征

若将整体受到的地面给予的支持力和摩擦力统一为 $F_{\text{地}}$,再受力分析可得,此时

$$F_{\text{合}} = mg \tan \theta \quad (1)$$

而自行车转弯可看做圆周运动的一部分,故此

$$F_{\text{合}} = m \frac{v^2}{R} \quad (2)$$

联立两式,可得

$$\tan \theta = \frac{v^2}{gR}$$

$$\text{即} \quad \theta = \arctan \frac{v^2}{gR}$$

2 问题剖析

在自行车转弯问题中,引入力矩的目的仅为证明自行车受到的支持力与摩擦力的合力 $F_{\text{地}}$ 沿杆(自行车)向上,而高中阶段力矩相关知识基本已不再涉及,这就给学生解题带来较大困难.其实运用高中力学相关知识,完全可以绕过力矩这一知识点,从而证明该问题.证明过程如下:

(1) 设自行车转弯时倾斜角度为 α , $F_{\text{地}}$ 与竖直面夹角为 β ,人的质量为 m ,自行车的质量为 M ,自行车转弯半径为 R ,自行车行驶速度为 v .将人和自行车都简化为直杆模型.

对人进行受力分析.人受到车给的支持力 N_1 沿杆(车)向上,合力提供向心力(水平向右,指向圆心)(图3).

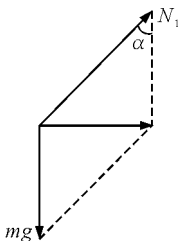


图3 对人受力分析

由图3可得

$$mg \tan \alpha = m \frac{v^2}{R}$$

解得

$$\frac{v^2}{R} = g \tan \alpha \quad (3)$$

(3) 将人和车看成整体,再对整体受力分析(图4).

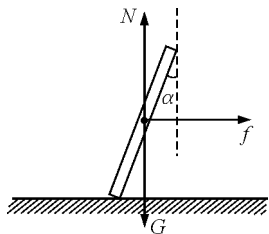


图4 对整体受力分析

由图4可得,地面对自行车的摩擦力提供向心力.

竖直方向

$$N = (m + M)g \quad (4)$$

水平方向

$$f = (m + M) \frac{v^2}{R} \quad (5)$$

(4) 将地面给系统的支持力 N 与摩擦力 f 合成,即可得到地面对系统的合力 $F_{\text{地}}$ (图5).

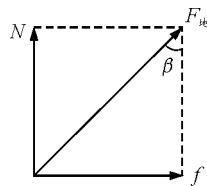


图5 支持力 N 与摩擦力 f 合成

由图5可得

$$\tan \beta = \frac{f}{N} \quad (6)$$

将式(4)、(5)代入式(6),可得

$$\tan \beta = \frac{(m + M) \frac{v^2}{R}}{(m + M)g}$$

$$\text{即} \quad \tan \beta = \frac{v^2}{R} \quad (7)$$

将式(3)代入式(7),可得

$$\tan \beta = \tan \alpha$$

即

$$\beta = \alpha$$

由此证明地面作用于自行车的合力 $F_{\text{地}}$ 沿杆(自行车)向上,也就证明了自行车安全过弯时的倾角

$$\theta = \arctan \frac{v^2}{gR}$$

3 结语

本文基于高中生的认知水平,对自行车转弯问题重新进行了解读,望有助于该问题回归高中物理课堂,促进学生对于该问题的掌握.

参考文献

- 1 唐保东. 自行车转弯时,人身体倾斜为什么不摔倒. 湖南中学物理, 2016(02): 28, 89
- 2 李刚, 刘艳红. 中学物理解读自行车安全转弯. 物理通报, 2012(04): 100 ~ 101
- 3 张婷玉, 陈清梅, 邢红军. 自行车转弯问题的研究. 首都师范大学学报(自然科学版), 2015(04): 30 ~ 32