

浅析教学中的关联速度问题

范财政

(大岭山中学高中部 广东 东莞 523820)

(收稿日期:2020-06-18)

摘要:高中物理学习过程中,在学习运动的合成与分解时,教师和学生都会遇到一些经典的关联速度问题,学生解决此类问题时也常常出错,教师的讲解往往看似合理,实质还是有背逻辑思维.文章分析了关联速度中的经典例题:绳拉船的问题,并且指出了许多教师的解法存在的争议,还讨论了更合理的常规解法和适于中学生理解的方法.文章中的“关联速度问题的中学生解法”便于学生理解和解决此类问题.

关键词:关联速度 运动的分解 运动的合成

1 提出问题

在速度的合成与分解问题中,常遇到以下这个经典例题.

【例题】如图1所示,某人站在岸上通过绕定滑轮的绳子向岸边拉船.他拉绳子速率不变,当拉船的绳子与水平面成 α 角时,船前进速度 u 多大?

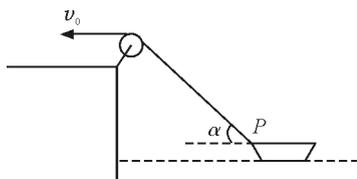


图1 例题题图

学生们通常以图2的方式分解^[1],认为 $u = v_1 = v_0 \cos \alpha$ 这种分解方式显然错误,因为船在运动过程中明显没有竖直向上的分运动.

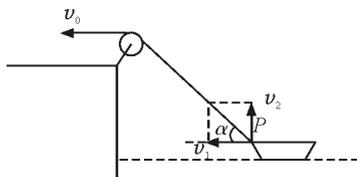


图2 学生解题常用分解方式

在教学过程中,有许多教师认为这是一个速度分解的问题,常用图3的方式进行分解计算,船速是合速度,分解为沿绳的分速度 v_1 和垂直于绳的另一个分速 v_2 .因此,绳子的速度是 v_0 .根据三角形几何关系得到船速

$$u = \frac{v_0}{\cos \alpha}$$

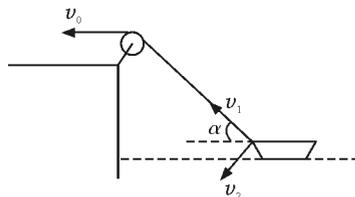


图3 教师解题常用分解方式

这样讲解这道例题,存在什么问题?学生经常会产生疑问,为什么船速是合速度,而绳速却是分速度?而且为什么两个分速度 v_1 和 v_2 必须垂直?

针对学生的问题,教师的解释如下:合运动与分运动的定义是物体实际的运动是那两种运动的合运动,那两种运动就是这个实际运动的分运动.

在上述例题中,船沿水平方向的实际运动明显就是合运动,所以沿绳和垂直于绳方向的两个运动就是分运动.

v_1 和 v_2 如果不垂直,如图4所示, v_2 在绳子方向上投影不为零,所以还应该把 v_2 分解. $v_0 = v_1 - v_2 \sin \alpha$,结果还是分解为图3的情况.只有 v_1 和 v_2 垂直, v_2 在绳子的方向上投影才为零,也就是 v_2 不能再分.

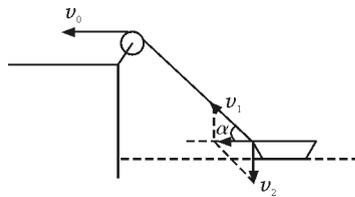


图4 v_1 和 v_2 不垂直的分解方式

那么这样解释是否正确?

2 分析问题

采用速度分解的方法来解决上述例题,有许多教师认为这是错误,陈钢等论述了这个观点.他们认为^[2],上述例题中船速与绳速的关系根本就不属于运动分解的问题,既非绳速的分量为船速,亦非船速的分量为绳速.船头沿水平面运动,行船的速度与拉绳的速度并不构成速度分解与合成的关系,因为显然绳速与船速是因果关系,拉绳为“因”而行船为“果”,这不符合运动分解的逻辑关系.

而笔者认为运动的分解定义中,分运动具有相对独立性,分运动间互不相干,任何一个分运动可以独立存在.而上述例题中, v_1, v_2 两个分运动并不能独立存在,如果没有绳速, v_2 就不存在,更没有船速.

因此,使用速度分解的方法解决关联速度问题存在争议,笔者建议使用别的更合理的方法,避免争议也方便学生理解.

3 关联速度问题的解法

3.1 关联速度问题的常规解法

在解决上述例题前,先弄明白上述的船速和绳速应当属于哪一种关系?图5中船是因为绳拉而动的,拉绳是“因”,而船行是“果”,速度有关联,它们符合关联速度的特征,是典型的“关联速度”问题.

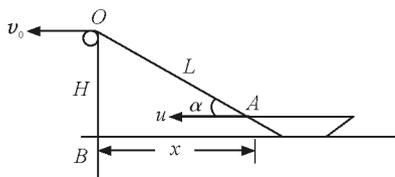


图5 船速与绳速关联示意图

在机械运动中普遍地存在着速度的关联关系,关联速度的基本特征是,一个独立的运动导致另一个相关联的运动,这两个运动被几何关系约束,因此往往可以写出确定它们之间几何关系的“约束方程”,根据图5对拉船问题可以写出约束方程

$$x^2 + H^2 = L^2 \quad (1)$$

两边对 t 求导后,得

$$x \frac{dx}{dt} = L \frac{dL}{dt}$$

$$u = \frac{dx}{dt} = \frac{L}{x} v_0 = \frac{v_0}{\cos \alpha} \quad (0 \leq \alpha < 90^\circ)$$

对于其他的典型关联速度问题,例如马拉车,滑轮拉重物等^[2],都可以使用约束方程来解决.

上述的关联速度问题的解决方法看似完美,但是高中的学生并没有学过导数,如果对中学生讲解上述方法,那么教师和学生必然是事倍功半.

3.2 关联速度问题的中学解法

在中学虽没有学过导数,但是学过微元法,因此,教师可以通过微元法来讲解关联速度问题.如图5所示,设经过极短的 Δt 时间,绳子收缩长度 ΔL ,船的位移是 Δx . 经过 Δt 后约束方程依然成立

$$(x - \Delta x)^2 + H^2 = (L - \Delta L)^2 \quad (2)$$

将式(1)代入式(2)化简得

$$\Delta x = \frac{\Delta L(2L - \Delta L)}{2x - \Delta x} \quad (3)$$

将式(3)两边除以 Δt 得

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta L}{\Delta t} \frac{2L - \Delta L}{2x - \Delta x}$$

因为 Δt 极短,相对 $2L, \Delta L$ 可忽略;相对 $2x, \Delta x$ 也可以忽略

$$u = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad v_0 = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

所以可得

$$u = \frac{L}{x} v_0 = \frac{v_0}{\cos \alpha} \quad (0 \leq \alpha < 90^\circ) \quad (4)$$

由此可见,用微元法得出的结果与导数方法相同,而且又能使中学生理解.

为便于学生理解,还可以从能量的角度讲解关联速度问题.

为什么许多学生常以图2的方式分解绳速?因为受力的分解的定势思维的影响,认为速度也能这样分解.

根据力的分解思维,学生很容易将绳拉船的力分解为水平方向和竖直方向的两个分力.速度与力的乘积又是功率,因此我们可以得到启发,找到适合中学生的解题方法.

如图1所示,人拉绳做功大小与绳拉船做功大小是否相等?在忽略滑轮阻力的情况下,答案是肯定的.再因为人对绳做功的时间与绳对船做功时间相同,所以功率相同^[3].

根据以上分析,假设人拉绳的力是 F ,则人拉绳的功率 $P_1 = Fv_0$.

(下转第135页)

成与发展.这就要求教师将物理与生活联系起来,一方面,要把物理知识带入学生生活,使物理知识成为学生看得见、摸得着、听得到的现象;另一方面,要把物理知识应用于学生生活,解决实际生活问题,激发学生成就感,促进学生开展“策略性学习”实践性运用.

案例四:“浮力”教学

在学习浮力知识后,笔者布置了这样一个课外作业:回家调试马桶上的水箱,在不影响冲水效果的前提下减少冲水量(要求用较多的办法).这样学生必须先研究水箱的冲水原理:杠杆与浮力知识的结合,当水位达到一定高度时浮球得到足够的浮力,从而破坏杠杆的平衡,开始冲水,要节水必须降低浮球

的动作高度,这样就要降低支点的高度,在一些水箱中这一高度可通过松动螺丝来调节,但也有一些水箱里没有调节的装置或该装置锈死了,那怎么办呢.换水箱吗?这不现实.许多学生通过思考、操作后得出了解决方法:为了减少水箱蓄水的容积,在箱内放大小适中的石块、放大小适中的盛满水的饮料瓶……学生在实践中运用所学知识解决了实际问题,在体验和感悟中提升了自身科学思维水平,从中体会到了学以致用乐趣.

科学思维和科学探究是物理核心素养的重要组成部分,通过多途径发展学生“策略性学习”的形成,可以提升学生思维水平,为学生的可持续发展奠定良好的基础.

From Examples to Talk about Practical Research on Cultivating Students' Strategic Learning From the Perspective of Physics Core Accomplishment

Zhang Fengxin

(Wuxi Luoshe Junior Middle School, Wuxi, Jiangsu 214187)

Abstract: This article combines its own teaching practice, in view of the background of the core physical literacy, From “with the help of project design, cultivate learning habits, promote students’ ‘Strategic Learning’ response procedure” “With the help of process optimization, accumulate learning methods, and promote the depth of students’ ‘Strategic Learning’ research” “With the help of the interaction between physics and life, improve students’ understanding of learning, and promote the practice of students’ ‘Strategic Learning’ to improve students’ thinking level, To develop students’ thinking quality and improve their physics core accomplishment.

Key words: physics core accomplishment; culture; strategic learning; practical research

(上接第123页)

绳子对船的水平分力是 $F \cos \alpha$, 因此绳子对船的功率 $P_2 = Fu \cos \alpha$. 因为 $P_1 = P_2$, 所以 $u = \frac{v_0}{\cos \alpha}$. 由此可见, 计算结果与式(4)相同, 而且从能量角度解决问题也便于中学生理解.

对于类似的马拉车、滑轮拉重物的问题, 也可以使用功率相等的方法解决问题.

4 总结

在教学过程中常遇见的关联速度问题, 有许多教师都是以运动分解的方法来教学生. 笔者认为运

动分解的概念还是不能与关联速度混淆. 针对关联速度的问题, 常规的解法就是运用“约束方程”, 但是这个方法运用了导数的知识, 所以教师可以理解, 而中学生却不能. 总之, 为便于中学生理解, 建议教师在讲解关联速度的问题时, 可以用微元法或从能量的角度来讲解.

参考文献

- 1 左祥胜, 纪文杰. 对一道速度合成与分解问题思维误区的探讨[J]. 物理之友, 2014, 30(4): 37 ~ 39
- 2 陈钢, 陶洪. 关于速度分解的逻辑分析[J]. 物理通报, 2015, 34(11): 28 ~ 30
- 3 周栋梁. 对两类速度合成问题错误的再分析[J]. 物理教师, 2009, 30(11): 34 ~ 35