

一种更符合学生认知规律的推导

——向心加速度的教学建议

倪红飞

(江苏省太仓教师发展中心 江苏 苏州 215400)

(收稿日期:2016-06-29)

“向心加速度”是人教版普通高中课程标准实验教科书物理第二册第六章第七节的内容.教材中向心加速度表达式的推导,用到了矢量运算的法则、小角度的三角函数以及极限的思想.这种推导对学生而言,理论性太强、数学工具要求太高,感到难于理解,导致学生在学习“向心加速度”这一概念时,心理上有抵触情绪,甚至对这种推导的正确性产生疑问.大多数学生最后只是简单地记住了推导的结论,设计的教学目标没有达成,还造成了对圆周运动整部分内容学习的心理阴影.

如何从学生认知水平出发,找到一种有效的方法,在学生原有知识结构中找到与解决问题有关的知识、经验和体验,从而达成课堂教学的目标.这是许多教师都思考的问题,对此,笔者作了有益的探索,以下是关于“向心加速度”的教学设计建议.

1 关注学生体验 促进主动建构

关于“匀速圆周运动的加速度方向”问题的阐述,教科书采用了从速度变化量角度进行分析.如图1所示,质点从A运动到B过程,速度变化量 Δv 方向如图,由图可知,当时间间隔 Δt 取值越来越小时, θ 越来越小; α 越来越大,越接近于 90° ,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\alpha = 90^\circ$, Δv 与 v_A 垂直.公式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$,在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时的极限值就是A点的瞬时加速度,因为加速度的方向与 Δv 方向相同,于是可知A点的瞬时加速度与A点瞬时速度垂直,指向圆心.

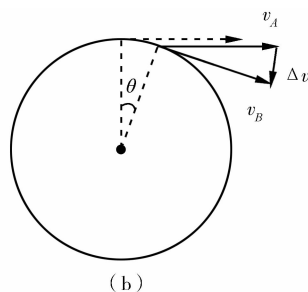
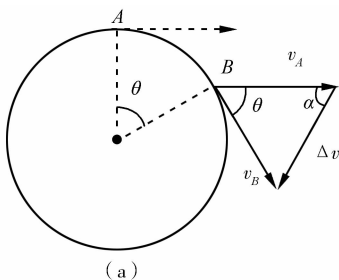


图1 从垂直变化量角度分析匀速圆周运动的加速度

上述推导,学生之所以比较排斥,第一是理论性太强,没有唤起学生生活中的体验;第二,矢量三角形的运算超出了学生的能力;第三,因速度变化量 Δv 在矢量三角形前端,由于空间上的错位,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\alpha = 90^\circ$, Δv 与 v_A 垂直,学生很难理解成 Δv 指向圆心,即加速度指向圆心.

对这个内容处理时,笔者抓住了两个关键:一是尽可能利用学生亲身的体验;二是找出学生已有的知识与新知识可能存在的结合点.

(1) 体验

将一细线拴一小球,在水平面内做匀速圆周运动,体会细线对小球的作用力.

(2) 分析

如图2所示,质点从A点出发,以水平速度向右运动,若不受外力,将沿直线AB做匀速直线运动(在圆周找一点使 $\widehat{AB'} = \widehat{AB}$),相对于圆心O,质点在做一种离心运动,如果要将它“拉回”到圆周轨道,即将质点从B拉回到B',必须对它施加一个指向圆心的力.从这种意义上讲,做匀速圆周运动的物体就是在“将它拉回到圆周轨道的拉力”作用下的“向心”运动,而“将它拉回到圆周轨道的拉力”产生的加速度就是“向心加速度”.

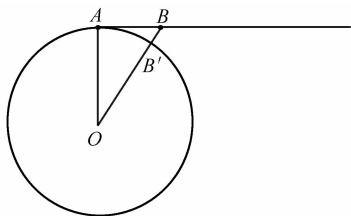


图2 分析线拉小球做圆周运动

上述问题探究,将研究问题的背景放在了学生已知的匀速直线运动情景中,与匀速直线运动相比较,匀速圆周运动确实是一种在“将它拉回到圆周轨道的拉力”作用下的“向心”运动,当然,“将它拉回到圆周轨道的拉力”产生的加速度就是“向心加速度”。

从轨迹上分析这种“向心”运动,更为直观,也更容易被学生接受。

2 变换研究角度 凸显知识迁移

在“向心加速度”表达式的推导中,同样避开了矢量三角形的运算,而采用了平抛运动的处理方法。

由于质点做匀速圆周运动时,加速度始终指向圆心,所以质点的加速度在不断改变,只有在一段很短的时间 Δt 内,加速度可近似认为不变。

如图3所示,质点以速度 v 做半径为 R 的匀速圆周运动,设在一段很短的时间 Δt 内,质点从 A 运动到 B' ,转过的角度为 $\Delta\theta$ 。从运动的合成和分解的角度看,这个过程中质点同时在做两种运动:切线方向 $A \rightarrow B$ 在做匀速直线运动,法线方向在做向心运动。建立坐标系,切线方向为 x 方向,法线方向为 y 方向。

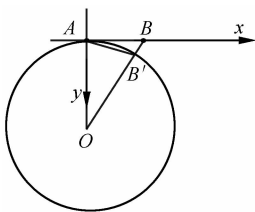


图3 变换角度分析小球的运动

在 Δt 时间内,径向向心运动的位移 $y = OB - OB'$,如图4所示。

当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,质点转过的圆心角 $\Delta\theta \rightarrow 0$, $\angle ABB' \rightarrow 90^\circ$ 。

因为 $\angle BAB'$ 为弦切角,故 $\angle BAB' = \frac{\Delta\theta}{2}$ 。当

$\Delta\theta \rightarrow 0$ 时,满足

$$x = AB' = R\Delta\theta$$

$$y = BB' = AB' \frac{\Delta\theta}{2}$$

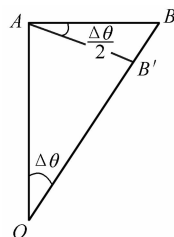


图4 小球径向位移分析

所以

$$y = BB' = AB' \frac{\Delta\theta}{2} = R\Delta\theta \frac{\Delta\theta}{2} = \frac{1}{2}R\Delta\theta^2$$

又因

$$y = \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

所以

$$\frac{1}{2}R\Delta\theta^2 = \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$a = R\left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right)^2 = R\omega^2$$

所以,向心加速度的公式为

$$a = R\omega^2 = \frac{v^2}{R}$$

在教学中,教学内容之所以成为难点,一是由于学生的认知结构难以“容纳”这一知识,二是由于教师的教学设计没有找到适当的切入点。

所以,成功的教学过程,教师必须从学习目标出发,激活学生头脑中已有的知识,在顺利激活学生头脑中已有知识的基础上,教师要及时引导学生进入新知识的学习。在传授新知识时,教师不能照本宣科,而是要将学习的内容、任务整合成易于被学生所理解的有组织知识结构,把这些知识与学生生活实际紧密结合,并根据具体情况选择恰当的教学方法,以适当的方式呈现、讲授给学生。

教学设计应适时地“修剪”、重组教材中的内容、方法,以适合学生吸收。从这种意义上讲,教学设计的过程是对教材再次开发的过程。

本节课的教学设计,由于采用了一种更符合学生认知规律的推导,教学也就获得了成功。