

浅谈高中物理资优生能力培养

——以物理竞赛与大学先修能力要求为例

周金旺

(柳州高级中学 广西柳州 545006)

(收稿日期:2021-10-08)

摘要:构建高质量的拔尖人才贯通培养体系是新时代教育强国的需要,为高校培养拔尖创新人才成了示范性高中的一项重要任务.对于高中资优生来说,物理竞赛与大学先修课程是两门重要的课程,而这两门课程在能力的要求有着很大的差别,本文以两个经典的物理问题为例,对比处理相同问题采用不同的方法,将探讨高中物理竞赛与大学先修(CAP)物理力学在高中生物理学科能力培养的要求.也为广大物理教师对高中物理资优生的能力培养提供参考.

关键词:大学先修 物理力学 物理竞赛 能力培养

教育强国需要高中阶段就要培养更多的拔尖创新人才,示范性高中由于生源的优势将更加需要培养更多资优生.我校作为示范性高中一直致力于资优生的培养.物理学科除了正常开设全国统一的新课标课程外,还开设了物理类校本选修课程.对于物理类资优生来说主要是选修高中物理竞赛课程和中国大学先修(CAP)物理力学,而这两种课程的能力要求是不同的,高中物理竞赛是对高中的物理知识利用数学的方法进行综合分析,而大学先修物理力学课程主要是利用高等数学的知识来研究物理原理、解决物理问题,要求学生利用导数、数列极限、微积分、微分方程求解等数学知识.

本文以两个物理经典问题求解为例,来对比分析高中物理竞赛与大学先修物理力学的对能力要求所存在的区别.

1 求解绳子端点物体的速度和加速度

【问题1】如图1所示,一个人拉着轻绳的一端在水平面上以速度 v_0 匀速向右前进,轻绳的另一端跨过定滑轮连接一重物 B ,不计定滑轮的质量与摩擦力,定滑轮的最高点与轻绳末端的竖直高度为 h ,求:当绳子与水平面夹角为 θ 时,重物 B 上升的速度和加速度的大小.

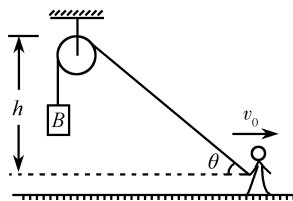


图1 问题1图示

1.1 高中物理竞赛能力要求

重物 B 上升的速度即绳子移动的速度,对绳子末端 A 的速度进行分解,如图2所示,得 $v = v_{\parallel} = v_0 \cos \theta$,如图3所示,以 O 点为参照系.

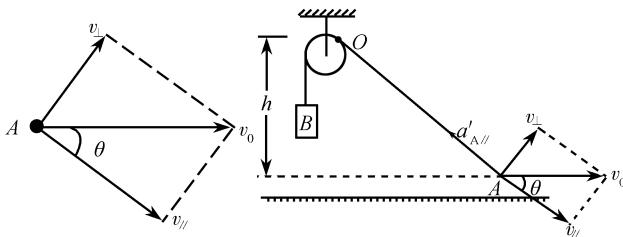


图2 绳端速度分解

图3 O 点的建立与加速度方向

绳子末端 A 绕 O 点以线速度 v_{\perp} 做圆周运动,该圆周运动的加速度 a_{A0} 记为 a'_A ,沿绳子方向,即向心加速度,其大小为

$$a'_{A\parallel} = \frac{v_{\perp}^2}{\rho} = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{\frac{h}{\sin \theta}} = \frac{v_0^2 \sin^3 \theta}{h}$$

以地面为参照系,根据参考系加速度变换得出A的加速度的矢量式

$$\mathbf{a}_{A地} = \mathbf{a}_{AO} + \mathbf{a}_{O地}$$

即
将这个矢量式分解到沿绳子方向的分矢量为

$$\mathbf{a}_{A//} = \mathbf{a}'_{A//} + \mathbf{a}_{O//}$$

其中 $\mathbf{a}_{O//} = \mathbf{a}_B$,由于A在水平方向匀速前进,所以 $\mathbf{a}_{A地} = 0, \mathbf{a}'_{A//} = 0$,得到重物B的加速度大小

$$a_B = a'_{A//} = \frac{v_0^2 \sin^3 \theta}{h}$$

以上是高中物理竞赛的能力要求,涉及到的知识点有相对速度、相对加速度的转换,速度的合成与分解,以及曲线运动中加速度计算.如果是用大学先修的物理知识,也就是主要用高等数学的相关方法来解决,方法如下.

1.2 大学先修物理力学能力要求

建立如图4所示的直角坐标系,A到O的距离为x,A点坐标(x,0), $v_A = v_x = \frac{dx}{dt} = v_0$,B到O的距离为y,B点坐标(0,y),即重物B只有y方向的运动,有几何关系 $y = h + \sqrt{x^2 + h^2} - L$,所以重物B的速度

$$v = v_B = v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{dy}{dx} \frac{dx}{dt} = v_0 \frac{dy}{dx} = \frac{v_0 x}{\sqrt{x^2 + h^2}} = v_0 \cos \theta$$

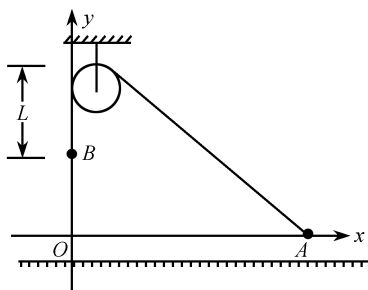


图4 直角坐标系的建立

所以重物B的加速度

$$a = \frac{dv_B}{dt} = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} v_0 = \frac{v_0^2 h^2}{(x^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{v_0^2}{h} \sin^3 \theta$$

以上是用大学先修物理力学的指导方法^[1,2],从数学的角度建立坐标系,再利用高等数学中求导数的知识解决物理实际问题.

2 求解交叉点物体的速度和加速度

【问题2】如图5所示,水平直杆AB在半径为R的固定圆环上以速度 v_0 匀速竖直向下运动,当运动到半径与竖直方向的角度为 θ 时,试求套在该直杆和圆环的交点处小环M的速度和加速度.

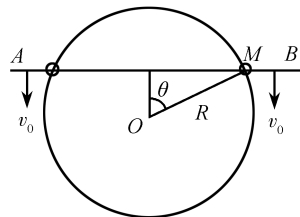


图5 问题2图示

2.1 高中物理竞赛能力要求

将直杆AB的速度沿杆的方向与圆环的切线进行分解,如图6所示,交点处小环M的速度 $v = \frac{v_0}{\sin \theta}$,方向为M点时的切线,与水平方向成 θ 角.

再求交点处小环M的加速度,由于小环M沿圆环做圆周运动,设其法向加速度为 a_n ,则

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{v_0^2}{R \sin^2 \theta}$$

切向加速度为 a_τ ,由于直杆AB杆是匀速运动,在垂直于AB方向的加速度为零,如图7所示,则有

$$a_n \cos \theta - a_\tau \sin \theta = 0$$

解得 $a_\tau = \frac{v_0^2 \cos \theta}{R \sin^3 \theta}$

小环M的加速度只能是沿着AB方向,有

$$a_M = a_n \sin \theta + a_\tau \cos \theta = \frac{v_0^2}{R \sin^3 \theta}$$

方向沿杆由B指向A^[3].

2.2 大学先修物理力学能力要求

建立如图8所示的直角坐标系,由几何关系得 $x = \sqrt{R^2 - y^2}$,下面利用导数求解小环M的速度和加速度.x方向的分速度

$$v_{Mx} = \frac{dx}{dt} = \frac{dx}{dy} \frac{dy}{dt} = -v_0 \frac{dx}{dy} =$$

$$v_0 \frac{y}{\sqrt{R^2 - y^2}} = v_0 \cot \theta$$

y方向的分速度

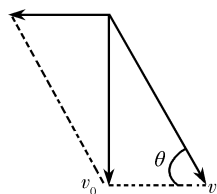


图6 小环M速度分解

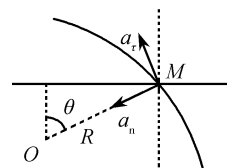


图7 小环M加速度分解

(下转第116页)

于”或“等于”).

解析:

(1) 闭合开关 S_1 和 S_2 , 调节 R 和 R' 使得灵敏电流计 G 的示数为零, 则说明 A 和 B 两点的电势 φ_A 和 φ_B 的关系是 φ_A 等于 φ_B , 读出电流表和电压表的示数 I_1 和 U_1 , 电流表测量的是干路上的电流, 故 I_1 等于通过电源 E 的电流. U_1 为电源 E 两端的电压.

(3) 由闭合电路欧姆定律可知.

$$E = U_1 + I_1 r$$

$$E = U_2 + I_2 r$$

联立解得

$$E = \frac{I_1 U_2 - U_1 I_2}{I_1 - I_2}$$

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}$$

(4) 因本实验中所用的电流和电压均是我们需要干路电流及路端电压, 故测得的电动势和内阻都是准确的.

答案: (1) 等于, 等于, 等于; (3) $\frac{I_1 U_2 - U_1 I_2}{I_1 - I_2}$,

$$\frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}; (3) \text{ 等于, 等于.}$$

本题是常规实验基础上改进的创新实验. 用伏安法测量电源电动势和内阻时, 由于电压表的分流或电流表的分压, 测量结果存在系统误差. 而在此题的实验方案中, 应用电表示零法消除了系统误差, 由闭合电路欧姆定律列式求解出电源电动势和内阻的真实值.

一般情况下, 在电学实验中, 我们通过电流表的示数来得到被测支路电流的大小. 而电表示零法的巧妙之处就是要让电表示零, 使电表对电路没有影响, 再通过和标准值进行比较进而得出被测量的大小, 这样操作没有系统误差, 实验设计构思巧妙, 方法简洁、结果准确, 让人叹为观止! 在以实验为主的物理教学中, 我们应该多挖掘这样有价值、有生命力而又极富学科特色的素材, 不断拓宽探究性实验设置的思路, 有意识培养学生的科学探究精神, 提升学生的科学素养.

参考文献

- 曹福军. 电位差计的早期发展史[J]. 唐山师范学院学报, 2006, 28(2): 59~61

(上接第 113 页)

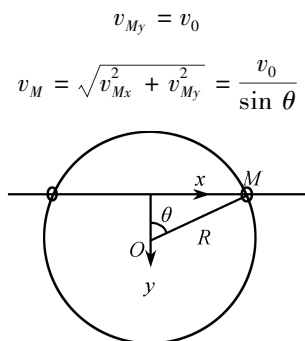


图8 直角坐标系的建立

x 方向的分加速度

$$a_{Mx} = \frac{dv_{Mx}}{dt} = \frac{dv_{Mx}}{dy} \frac{dy}{dt} =$$

$$-v_0 \frac{dv_{Mx}}{dy} = -\frac{R^2 v_0^2}{(R^2 - y^2)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{v_0^2}{R \sin^3 \theta}$$

负号表示方向. y 方向的分加速度

$$a_{My} = \frac{dv_{My}}{dt} = 0$$

$$a_M = \sqrt{a_{Mx}^2 + a_{My}^2} = \frac{v_0^2}{R \sin^3 \theta}$$

方向沿杆由 B 指向 A .

3 结束语

求解速度和加速度都是物理力学中常见的一类问题. 本文以两个经典物理问题为例, 依次采用物理竞赛的思想和方法以及采用大学先修物理力学的方法求解, 得到相同的结果. 通过对比分析, 高中物理竞赛的能力要求主要是在利用高中物理的知识来建模求解, 而大学先修物理力学课程对高等数学的要求较高. 对于运动学和力学中的常见问题, 通常都是建立恰当的直角坐标系后, 坐标的变化与位移的变化相对应, 利用对位移(坐标)的一阶导数求出速度, 对速度求导得加速度, 即位移的二阶导数求得加速度. 也就是说对高等数学的能力提出了更高的要求, 特别是导数、数列极限、微积分、微分方程的求解等, 高中教师在指导物理资优生学生提高学科素养时要注意到两者的区别.

参考文献

- 张汉壮. 物理力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2016. 35~36
- 张留碗, 李岩松, 俞家新. 物理力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2016. 9~10
- 江四喜. 物理竞赛专题精编[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2013. 5