

· 竞赛园地 ·

## 构建物理模型, 提高解题能力

——例析第30届全国中学生物理竞赛预赛一试题

沈自强

(湖州市菱湖中学, 浙江 湖州 313018)

物理模型是对物理实际问题的一种抽象, 在竞赛考查中常会出现一个实际问题包含几个模型, 因此在解决实际问题的过程中能否将题中隐含的模型逐一还原是成败的关键. 笔者以下面一道竞赛试题为例, 浅谈物理模型的构建与运用.

原题. (第30届全国中学生物理竞赛预赛第16题) 如图1所示, 一质量为  $m$  半径为  $R$  的绝缘材料制成的薄球壳, 均匀带正电, 电荷量为  $Q$ , 球壳下面有与球壳固连的底座, 底座静止在光滑水平面上. 球壳内部有一劲度系数为  $\eta$  的轻弹簧(质量不计), 弹簧始终处于水平位置, 其一端与球壳内壁固连, 另一端恰位于球心处, 球壳上开有一小孔  $C$ , 小孔位于过球心的水平线上. 在此水平线上离球壳很远的  $O$  处有一质量也为  $m$  电荷量也为  $Q$  的带正电的点电荷  $P$ , 它以足够大的初速度  $v_0$  沿水平的  $OC$  方向开始运动. 并知  $P$  能通过小孔  $C$  进入球壳内, 不考虑重力和底座的影响, 已知静电力常量  $k$ . 求  $P$  刚进入  $C$  孔到刚再由  $C$  孔出来所经历的时间.

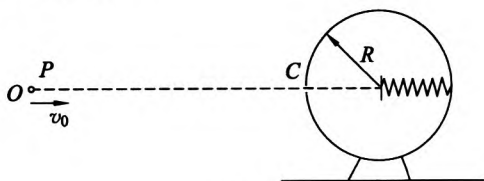


图1

分析: 此题研究对象为点电荷  $P$ . 研究过程为  $P$  从  $O$  点开始运动到刚再由  $C$  孔出来, 整个过程可以分成四个小过程: (1) 从  $O$  点开始运动到刚进入  $C$  孔; (2) 从刚进入  $C$  孔到刚与弹簧接触; (3) 从刚与弹簧接触到刚与弹簧分离; (4) 从刚与弹簧分离到刚再由  $C$  孔出来. 研究方法为过程分段模型化.

模型1: 均匀带电球壳

构建模型: 对一个均匀带  $+Q$  的球壳外的电场线分布与点电荷的一致, 球壳内由于静电平衡导致内部处处为  $0$ , 所以球壳内、外电场强度分别为  $E=0$  和  $E=\frac{kQ}{r^2}$ .

若规定无穷远处电势为  $0$ , 球壳外某点  $A$  的电势  $\varphi_A = \int_{r_A}^{\infty} k \frac{Q}{r^2} dr = k \frac{Q}{r_A}$ , 而由于静电平衡导致整个球壳是个等势体, 所以球壳内、外的电势分别为  $\varphi = \frac{kQ}{R}$  和  $\varphi = \frac{kQ}{r}$ .

运用模型: 在原题的过程(1)中,  $P$  的电势能有所增加  $\Delta E_p = Q(k \frac{Q}{R} - 0) = k \frac{Q^2}{R}$ , 所以系统机械能有所减小.

由于球壳内部电场处处为  $0$ , 在原题的过程(2)、(4)

中,  $P$  和球壳之间没有相互作用, 所以它们都做匀速直线运动; 在原题的过程(3)中,  $P$  和球壳之间只与弹簧有相互作用, 故系统动量守恒、机械能守恒.

模型2: 非完全弹性碰撞

构建模型: 在光滑的水平面上有两小球在系统不受外力情况下发生正碰且系统有机械能损失的过程称为非完全弹性碰撞过程. 而对于原题的过程(1), 由于  $P$  和球壳之间除相互作用外不受外力, 且在此过程中系统机械能有所损失, 与非完全弹性碰撞过程相仿, 也满足系统动量守恒和系统机械能有所损失.

运用模型: 在原题的过程(1)中, 设  $P$  刚到达  $C$  孔时的速度为  $v_1$ , 球壳的速度为  $v_2$ , 由模型2的特点满足系统动量守恒和系统能量守恒有

$$mv_0 = mv_1 + mv_2,$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 + k \frac{Q^2}{R}.$$

$$\text{解得 } v_1 = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 - \frac{4kQ^2}{mR}}}{2}, v_2 = \frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - \frac{4kQ^2}{mR}}}{2}.$$

在原题的过程(2)中,  $P$  和球壳都做匀速直线运动, 所以过程(2)经历的时间为

$$t_1 = \frac{R}{v_1 - v_2} = \frac{R}{\sqrt{v_0^2 - \frac{4kQ^2}{mR}}}.$$

模型3: 完全弹性碰撞

构建模型: 在光滑的水平面上有两小球在系统不受外力情况下发生正碰且系统的机械能没有损失的过程称为完全弹性碰撞过程. 对于原题的过程(3), 由于  $P$  和球壳之间除弹簧的相互作用外不受外力, 与完全弹性碰撞过程相仿, 也满足系统动量守恒和系统机械能守恒.

运用模型: 在原题的过程(3)中, 设  $P$  刚与弹簧分离时  $P$  的速度为  $v_3$ , 球壳的速度为  $v_4$ , 由模型3特点满足系统动量守恒和系统能量守恒有

$$mv_1 + mv_2 = mv_3 + mv_4,$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}mv_4^2.$$

$$\text{解得 } v_3 = v_2 = \frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - \frac{4kQ^2}{mR}}}{2}, v_4 = v_1 = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 - \frac{4kQ^2}{mR}}}{2}.$$

在原题的过程(4)中,  $P$  和球壳都做匀速直线运动, 所以过程(4)经历的时间为

$$t_3 = \frac{R}{v_4 - v_3} = \frac{R}{\sqrt{v_0^2 - \frac{4kQ^2}{mR}}}.$$

模型4: 弹簧双振子模型(水平方向)

· 教学论坛 ·

## 浅谈物理课堂教学——别让导学单“迷”了眼

张晓冰

(南通大学附属中学, 江苏 南通 226000)

课程改革进入深水区,改革走过表面繁华,人们又开始徘徊在现实和理想之间,它们决定着课程改革的生存和生命,一个关乎当下,一个关乎未来.而“导学单教学”现被广为采用,它似乎是解决当下课堂教学效率低下,学生学习索然寡味、兴趣不浓,教师教学能力参差不齐,物理学科素养和物理学习成绩同步提升的灵丹妙药.本文就在实施“导学单教学”的过程中出现的问题试图作出理性的分析和讨论.

### 1 对“导学单教学”的认识

笔者认为,我们需要的物理教学,应当是面向全体学生,以提升学生物理学科素养、增强学生应用知识解决现实问题的能力和培养学生科学精神为目标,促进学生健康、全面发展的成长过程.它既是科学的,又是人文的,既是面向整体、遵守规律的,又是面向个体的、张扬个性的.

导学单只是教学精细化管理中的一个产品而已,是在精细化管理和目标管理过程中,面对教师的教学及科研能力和学生基础与学习能力差异,而采用的一种“齐步走”的“兼顾”或是“过渡”性措施.导学单好似一个“教学流水线”,或许可以提高“生产率”,阶段性地解决一些当下急需解决的问题,但它因忽略了人的差异和教学的本真,而注定不应该是今后教学改革的方向.

但本文不是去否定这种做法.也许是因为我们的课堂教学中,存在太多的问题,导学单的存在有其必要性;也许是因为我们的课程改革和教学管理创新中,需要一个过渡或需要一个研究的对象,引发我们的思考,并基于这一研究对象,推动教改向前发展.

### 2 “导学单”教学中出现的问题

#### 2.1 导学单编制的短板现象

导学单的编制是教学的起点,它不仅是一个简单的学习内容的安排,它更是教学思想理念的载体.不同的认识

指引不同的行为,可谓“失之毫厘,差之千里”.导学单的编制工作中存在这样几类问题:(1)没有统一的教学思想理念.如没有导学单的设计体例要求,各行其是,样板繁杂;活动设计以知识为起点和终点,物理思想和学生主体地位没能突显.(2)缺少评审环节.一般都是备课组成员轮流完成,使用前没人再去审查,这是造成短板的主要原因.(3)学科协调不足.各年级(各备课组)的导学案用完就结束,教学资料的累积性不够,每年都从零开始.

#### 2.2 教学方式的极端化

教学方式主要有两种类型:“一言堂”和“放羊式”.前种情况中,依照导学单,在学生“配合”下完成教学任务,教师是主角.“导学单”其实是教师的教案,是给学生的一教学线索提示,并成为束缚学生思想的工具,成为教学改革的道具.而后者,教师放手让学生自主学习或活动“表演”,任其“信马由缰”,导学单成为“解放”教师的借口,成为教学改革的泡沫.两种情况,其实都是教学理念的问题,前者是穿新鞋走老路,而后者是对教学改革的不懂装懂.

#### 2.3 教学的知识片面性

物理教学中,思想方法和科学精神是重要的教学内容,物理思想是教学内容串接的主线,它们理所当然应成为学生学习物理的主线.但很多教师还是重知识轻方法,表现在:(1)导学单上的教学目标和内容少有提及,有的只是在三维目标中标签式地提出,在教学设计内容中根本难觅踪影.(2)教学中不讲(或轻描淡写)思想方法,更不用说对思想方法的归纳和应用.(3)缺少对思想方法的延伸、拓展和强化,有些教师会在教学结束时进行科学思想和科学精神的教育,类似“无病呻吟”、“狗尾续貂”.这样教学的结果就是“课上都会,课后不会;一听就懂,一用就错.”比如讲速度-时间图像时,有些教师对微元法只是一笔带过,只

构建模型:如图2所示,在光滑的水平面上用一个轻质弹簧与两个物体相连组成一个水平方向的弹簧双振子模型,当物体A以初速度 $v_0$ 开始压缩弹簧,此后物体A、B相对于系统质心各自做简谐运动.在原题的过程(3)中,由于P与球壳之间只有弹簧的相互作用,与弹簧双振子模型相仿.



图2

运用模型:在原题的过程(3)中,P相对于系统质心做简谐运动,且完成半个周期 $t_2 = \frac{T}{2} = \pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ .由于P与球壳质量相等,所以系统质心在弹簧中点处,根据弹簧串联特点,半根弹簧的劲度系数 $k = 2\eta$ .所以过程(3)经历的时间为

$$t_2 = \frac{T}{2} = \pi\sqrt{\frac{m}{2\eta}}.$$

因此P刚进入C孔到刚再由C孔出来所经历的时间为

间为

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{2R}{\sqrt{v_0^2 - \frac{4kQ^2}{mR}}} + \pi\sqrt{\frac{m}{2\eta}}.$$

小结:物理的学习是为了认识自然、把握自然,而自然界的复杂问题都是有若干个简单问题组合而成的.对一道实际问题的解决,建立和正确使用物理模型是一种必要的选择,有利于学生将复杂问题简单化、明了化,并抓住事物的主要矛盾;有利于学生思维的发展、解题能力的提高,起到化繁为简、化难为易、事半功倍的效果.

#### 参考文献:

- 1 陈淑萍.教会学生用物理模型思考问题.物理教师,2012(3).
- 2 张贤祺.浅谈物理模型的建构.物理教师,2010(7).
- 3 陈锋.审视物理情境 构建物理模型.物理教师,2013(1).

(收稿日期:2013-09-17)