

浅析探究性学习能力培养^{*}

——从2015年高考北京卷物理第23题谈起

杜欣 杨玉平

(中央民族大学理学院 北京 100081)

吴广国

(北京景山学校 北京 100006)

邹斌

(中央民族大学理学院 北京 100081)

(收稿日期:2015-09-06)

摘要:通过对高考北京卷物理第23题的分析,梳理了高中阶段“势能”概念的理解,并进一步来讨论探究性学习能力的培养.

关键词:势能 弹性势能 探究性学习

2015年高考北京卷物理第23题以教材对弹簧弹性势能的探究为背景,要求学生在无数值计算的情况建构弹力做功的表达式,进一步引导学生理解势能的概念,通过求解弹性势能变化量,思考做功和能量转化的联系.题干巧妙引入不光滑的桌面,通过比较从相同出发点运动到同一位置摩擦力做功与弹簧弹力做功的不同来深层次考查学生对于势能概念的理解.此考题素材来源于课本,看似熟悉,但不同于以往弹性势能的数值计算题目,突出了对学生物理思想以及科学探究能力的考查.本文通过对该题的分析,希望对解题思维过程的讨论,分析探究性学习能力的培养,能够起到抛砖引玉的作用.

【题目】(2015年高考北京卷第23题)如图1所示,弹簧的一端固定,另一端连接一个物块,弹簧质量不计.物块(可视为质点)的质量为 m ,在水平桌面上沿 x 轴运动,与桌面间的动摩擦因数为 μ .以弹簧原长时物块的位置为坐标原点 O ,当弹簧的伸长量为 x 时,物块所受弹力大小 $F=\kappa x$, κ 为常量.

(1)请画出 F 随 x 变化的示意图;并根据 $F-x$ 图像求物块沿 x 轴从 O 点运动到位置 x 的过程中弹

力所做的功.

(2)物块由 x_1 向右运动到 x_3 ,然后由 x_3 返回到 x_2 ,在这个过程中,

a.求弹力所做的功,并据此求弹性势能的变化量;

b.求滑动摩擦力所做的功;并与弹力做比较,说明为什么不存在与摩擦力对应的“摩擦力势能”的概念.

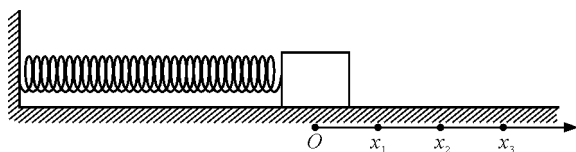


图1

在解题的过程中问题是唯一的初始信息源,所以首先从本题的给定条件分析:

(1)实物条件.一端固定的弹簧,另一端连接物块,水平桌面.

(2)量值条件.物块视为质点质量为 m ,物块与桌面动摩擦因数为 μ ,坐标原点 O ,弹簧伸长量 x ,弹簧劲度系数 κ , κ 为常量.

(3)动变特征条件.在水平桌面沿 x 轴运动,物

^{*} 系中央民族大学网络课程“量子力学”及素质教育通识课程“物理学与人类文明”阶段性成果.

作者简介:杜欣(1989-),男,研究生在读,主要研究方向:物理课程与教学论.

通讯作者:杨玉平(1976-),女,博士,副教授.主要研究方向:物理光学.

块由 x_1 向右运动到 x_3 , 然后由 x_3 返回到 x_2 .

(4) 数量关系条件.

通过对于解题必需的物理素材和数据的分析, 有利于实物系统的建构、从而激发联想, 由知识间的从属、关联、包含等多种关系使学生回忆起有联系的知识元素. 在问题系统解答过程中需要一定的思维活动才能够建立起给定目标和差距(障碍)间的联系. 例如本题.

解析: (1) 问题明确指出画出 F 随 x 变化的示意图, 而这样的问题自身就包含着一些线索和信息, 这种来自问题自身且对于搜索进程具有控制引导作用的信息在人工智能中称为启发信息. 由数量关系条件: $F = \kappa x$, 可画出弹力随着 x 变化的一次函数图像如图 2 所示.

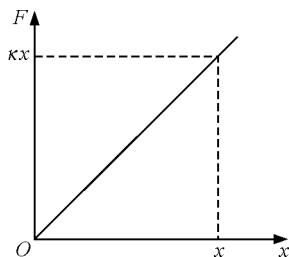


图 2

物块由点 O 运动到位置 x 的过程中弹簧弹力做负功, 结合图像可知: $F-x$ 图像中图线与 x 轴所围的面积为弹力做的功

$$W = -\frac{1}{2}Fx = -\frac{1}{2}\kappa x^2$$

(2) a. 在高中阶段, 教材中没有给出弹簧的弹性势能的表达式, 物块由 x_1 运动到 x_3 的过程中弹力做的功不能直接给出, 因为弹簧弹力与弹簧形变量成正比, 所以本题可以用利用面积求解也可以使用平均力做功方法求解.

方法一: 图像法

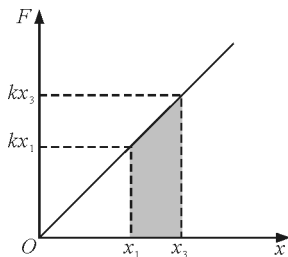


图 3

由第一问的提示作用, 学生已具有一定的知识

迁移能力, 通过类比画出弹力随位移变化的图像, 如图 3 所示, 图线与横轴所围的面积即为拉力对物体所做的功. 物块由 x_1 运动到 x_3 的过程中弹力做负功

$$W_1 = -\frac{1}{2}(\kappa x_1 + \kappa x_3)(x_3 - x_1)$$

所以

$$W_1 = -\frac{1}{2}\kappa(x_3^2 - x_1^2)$$

物块由 x_3 运动到 x_2 的过程中弹力做正功, 同理可得

$$W_2 = \frac{1}{2}\kappa(x_3^2 - x_2^2)$$

方法二: 平均力法

由于弹簧的弹力是一个变力, 需要求变力做功. 根据第(1)问画出的一次函数关系, 弹簧弹力大小 $F = \kappa x$ 与位移 x 成正比例关系, 所以可使用平均力求变力做功. 开始时弹力大小 $F_1 = \kappa x_1$, $F_3 = \kappa x_3$ 平均拉力则为

$$\bar{F} = \frac{1}{2}(\kappa x_1 + \kappa x_3)$$

拉力做功

$$W_1 = -\bar{F}(x_3 - x_1)$$

所以

$$W_1 = -\frac{1}{2}\kappa(x_3^2 - x_1^2)$$

同理可得

$$W_2 = \frac{1}{2}\kappa(x_3^2 - x_2^2)$$

则整个过程中弹力做的功为

$$W = W_1 + W_2 = -\frac{1}{2}\kappa(x_2^2 - x_1^2)$$

根据功能关系

$$\Delta E_p = -W$$

$$\Delta E_p = \frac{1}{2}\kappa(x_2^2 - x_1^2)$$

b. 物块由 x_1 运动到 x_3 的过程中路程为 $(x_3 - x_1)$, 物块由 x_3 运动到 x_2 的过程中路程为 $(x_3 - x_2)$, 全过程摩擦力做功为

$$W_f = -\mu mg[(x_3 - x_1) + (x_3 - x_2)] = -\mu mg(2x_3 - x_1 - x_2)$$

通过与弹力做功对比, 摩擦力做功与经过的路

径有关,不由初、末位置决定,而弹簧弹力做功与路径无关,只与初末位置有关,因此存在弹性势能的概念,根据势能的定义,因此不存在“摩擦力势能”的概念。

摩擦力是非保守力,非保守力做功是与路径有关的,从而没有相应“摩擦力势能”的概念。对于第(2)问的解决更应关注类比的科学探究方法,分别比较弹力做功和摩擦力做功,而课本中研究弹性势能是类比了重力势能的探究过程,研究重力势能是从分析重力做功入手,沿着任意闭合的路径升降一个物体,只要它回到原来的高度,重力做功恒等于零。弹簧弹力与弹簧受到的拉力等大反向,拉力做功等于克服弹簧弹力做的功,也就等于弹簧弹性势能的变化量。从这里实际分析比较看到的两种力,保守力和非保守力。即沿任意闭合回路做功(或者说,抵抗它做功)为零的力,叫保守力,否则就是非保守力^[1]。重力和弹性力都是保守力,摩擦力则为非保守力。其实弹性势能是宏观概念,它是原子之间相互作用的宏观表现。原子之间相互作用的分子力也可以用势能来表示。万有引力场是具有对称性的有心力场,万有引力是保守力,所以也可以计算万有引力势能。研究弹性势能也可以从分析弹力做功入手。而静电场与重力场相似,都是保守力场,同样也有电势能的概念^[2]。而本题研究“摩擦力势能”也应联想到从分析摩擦力做功入手,学生能否联想到用已有的知识,已有的科学探究方法来研究“摩擦力势能”这一新概念,在于平常的教学中是否学生真的体会到了探究的过程和所用的方法,是否这种知识、方法已经内化为科学探究能力。

弹性势能,在北京2015高考《考试说明》物理知

识内容表中用数字Ⅰ标记,故对其的要求是“知道其内容及含义,并在有关问题中识别和直接使用,与课程标准中的‘理解’和‘应用’相当。”^[3]要求学生掌握发生弹性形变的弹簧或物体,由于有弹力的相互作用肯定具有弹性势能,而形变消失恢复到原状的过程中,弹性势能会释放出来。对于用Ⅱ标记的重力势能的要求是不同的,需要理解确切含义与其他知识的联系,能够进行叙述和解释。即需要知道重力势能的数学表达式,能够计算重力做功来确定重力势能的变化。

新课程人教版《物理·必修2》在“机械能守恒定律”一章第5小节“探究弹性势能的表达式”中明确提出“学习这节时,要着重体会探究的过程和所用的方法,复习用到的知识,不要求掌握探究的结论,更不要要求用弹性势能的表达式解题。教材通过对重力势能学习方法的回忆引出对于弹性势能的探究过程,利用类比的思维对学生学习探究指明了方向^[4]。所以在平常教学中应当真正让学生参与到探究的过程中,才能在运用知识的过程中建立新旧知识的联系,才能在问题解决系统中建立起给定和目标的关系,最终转化为学生科学探究能力的提升。

参考文献

- 1 赵凯华,罗蔚茵.新概念物理教程·力学.北京:高等教育出版社,1995
- 2 漆安慎,杜禅英.普通物理学教程·力学.北京:高等教育出版社,2005
- 3 北京教育考试院.2015普通高等学校招生全国统一考试北京卷考试说明·理科.北京:开明出版社,2015
- 4 姚君兰.“探究弹性势能的表达式”理论探究式教学设计.物理教师,2010(6):5

Elementary Analysis on Training Inquiry Learning Ability

Du Xin Yang Yuping Wu Guangguo Zou Bin

Abstract: By analysis of the question no.23 in 2015 Beijing college entrance examination of Physics, the concept of "potential energy" can be understood deeply by students in high school. Furthermore, the cultivation of inquiry — based learning ability was discussed through above analysis.

Keywords: potential energy; elastic potential energy; inquiry learning