

设计阶梯问题 发展自主建构

——“构建物理模型解决电磁压轴题”教学案例

周 佳

(宁波市镇海中学 浙江 宁波 315200)

(收稿日期:2016-12-03)

摘 要:浙江新高考改革要求习题课具有更高的效率,在尝试解决综合性电磁大题时,通过拆解题干,阶梯设问,转换立场的方法引导学生一步步自主建立起物理模型,不仅增强了解题能力,更发展了学生的综合素养.

关键词:阶梯设问 电磁大题 物理模型 自主建构

物理教学工作中应体现“以人为本”的教育思想.浙江新高考改革方案中也指出要遵循教育规律和人才成长规律,促进学生健康成长和全面而有个性化的发展,显然“人的发展”是“人本教学”的重要成分之一.习题课作为日常物理教学中的重要环节,不仅要巩固学生对知识本身的掌握,帮助其在应试中取得较高的分数,更应当秉承人本教学理念,以发展学生自主学习能力和培养综合素质为目标.

在浙江选考试卷中,对学生挑战最大的就是压轴大题,解决此类问题的有效途径便是构建并应用合理的物理模型.若直接将模型呈现给学生,虽能帮助其顺利解题,但学生只得“鱼”而不得“渔”,知识迁移及逻辑推理能力得不到培养,再遇到不同情境的试题时就又陷入思维困境.建构主义的学习观认为,学习不是由教师把知识简单地传递给学生,而是由学生自己建构知识的过程.学生不是简单被动地接收信息,而是主动地建构知识的意义,这种建构是无法由他人来代替的.因此,若教师转换思路,将学生摆在课堂的主体位置,合理设计问题,拆解思路,引导学生经历构建物理模型的整个过程,则学生不仅从根本上理解了目标模型,更发展了自主建构的能力,也培养了思维创新,既得“鱼”也得“渔”.下面笔者以“构建物理模型解决电磁压轴题”这一节习题课为例,做一些粗浅的讨论.

1 教材及学情分析

“电磁大题”在旧高考以及浙江新高考中都以压轴大题的形式出现,所占分值较高,其主要基于人教版普通高中课程标准试验教科书《物理·选修3-2》第4章“电磁感应”的第4和第5节内容.这节课授课对象为2017届高三学生,预备四月选考,此前已经复习过电磁感应的相关知识.此类大题给学

生的第一印象就是题干长,信息量多,从而在解题之前就产生了一定的排斥恐惧心理.另一方面,学生的建模能力也较为欠缺,也是产生这一心理的原因.

2 教学过程

【例1】如图1所示,某一新型发电装置的发电管是横截面为矩形的水平管道,管道的长为 L ,宽度为 d ,高为 h ,上下两面是绝缘板,前后两侧面 M , N 是电阻可忽略的导体板,两导体板与开关 S 和定值电阻 R 相连.整个管道置于磁感应强度大小为 B ,方向沿 z 轴正方向的匀强磁场中.管道内始终充满电阻率为 ρ 的导电液体(有大量的正、负离子),且开关闭合前后,液体在管道进、出口两端压强差的作用下,均以恒定速率 v_0 沿 x 轴正向流动,液体所受的摩擦阻力不变.

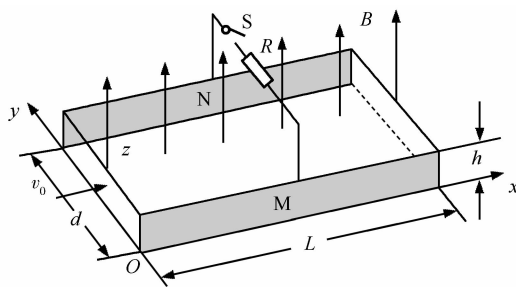


图1 例1题图

(1) 求开关闭合前, M 和 N 两板间的电势差大小 U_0 ;

(2) 求开关闭合前后,管道两端压强差的变化 Δp ;

(3) 调整矩形管道的宽和高,但保持其他量和矩形管道的横截面 $S = dh$ 不变,求电阻 R 可获得的最大功率 P_m 及相应的宽高比 $\frac{d}{h}$ 的值.

教学环节 1:

师:我们先解答第(1)问,在下笔之前,老师先请大家思考3个问题,第一,为什么两板间会有稳定的电势差?

生:因为有正负电荷向两板聚集.

师:现在老师把整个过程完整地叙述一遍,对于某个正离子而言,它在运动的过程中受到一个指向M板的洛伦兹力,当……

师:接着第2个问题,这一小题中我们分析的对象是谁?

生:我们分析的是离子.

师:很好,为了研究方便,我们通常分析正离子或者说正电荷.第3个问题,该对象在干什么,或者说处于什么样的物理状态?

生:显然此时的离子受力平衡.

师:在想明白这几个问题之后,我们可以动笔了,写出对于离子的受力平衡方程

$$qv_0B = \frac{U_0}{d}q$$

化简计算即可.

评述:起初学生并不知道系统的建模步骤是什么,因此在第(1)问中教师需要提供一种可行性较强的思维套路,不选择直接灌输这种套路,而是用阶梯设问的方式,把第一小题拆分成3个阶梯问题——“为什么”、“谁”、“干什么”,目的是引导学生在下笔前先建立起科学的解题思路,这是构建模型的思维基础,同时也培养了良好的解题习惯,显然学生对这类通俗的小问题更有亲近感,第(1)问的成功尝试也为之后的建模打下了基础.

教学环节 2:

师:针对第(2)问,在下笔之前仍旧请大家思考3个问题,第一,为什么压强差会变化?

生:因为……有电流,所以……有安培力……(犹豫)

师:老师帮你一把,把思路细化一下.压强变化对应的是什么样的变化呢?

生:压力变化.

师:这告诉我们要进行受力分析.此外,开关的断合直接决定的是哪一个物理量呢?

生:决定电流.

师:那电流的有无又决定了哪一个物理量呢?

生:安培力.

师:非常好,看来压力的变化源自于安培力的变

化.

评述:相比于第(1)问,在回答第(2)问中的“为什么”时,学生明显感觉难度变大.因此笔者将题干进行拆解,分成了若干个阶梯问题,从压强变化到压力变化,从开关断合到安培力的有无,每一个子问题学生都能顺利回答,将其组合在一起就构成了一部思维阶梯,把题目的因果关系梳理清楚.

教学环节 3:

师:大家是不是已经迫不及待地想进行受力分析了呢?不要急,在受力分析前一定要确定好研究对象,因此第2个问题,这一问中我们分析的对象是谁?

生:是……(犹豫)

师:流体不断流动,绵延不绝,即使已知它的流速 v ,你觉得对其进行受力分析方便么?

生:不方便.

师:那怎么办呢?

生:可以假设时间 t 内流体前进的距离为 vt ,再……

师:好的,这个想法有一定的道理,但能否帮助我们进行受力分析呢?好像不能吧,请再想一想,我们现在研究的焦点就在这个装置上,请再仔细审一审题目,“管道两端的……”(话还没说完)

生:但是装置内部的流体是有限的,而且有固定的形状,我们只需要研究这一块就可以.

师:非常好!刚才这位同学的回答中包含了3个关键词,“有限”、“固定”和“一块”.大家请看,液体虽然不断流动,但装置内的液体却是有限的,而且有固定的形状——长方体,事实上我们不需要理会装置外的流体,只需要研究内部的流体,因此我可以把它看成流体块,类似于一块果冻.再进一步,流体是导电的,于是又可以把它看做什么呢?

生:导体块.

师:是的,或者说就是一块导体.这样一来,通过让脑筋转几个弯,我们就把难以处理的对象进行了简化.

评述:显然“研究谁”的问题颇有难度,因此笔者设置了4个阶梯问题,第一级台阶的目的是判断出原始的流体模型难以作为受力分析的对象.接着的第二级台阶让学生自己走,给予学生独立思考的空间,随后指出其想法中存在的缺陷——不利于受力分析.当思路受挫时给学生适当的提示,引导学生把思路拨正,这即是第三级台阶,提取出学生回答中

的关键点并加以总结,用书面化的语言将学生的意识具象化,然后自然而然地提出“流体块”模型,这一步最关键.在此基础上铺上最后一级台阶——从流体块到导体块.每个阶梯问题都包括了提问、回答和总结,层层递进,学生亲身参与了创建模型的整个过程.

教学环节 4:

师:第(3)问的题干中出现的两个关键词是“功率”和“宽高比”.仍旧请同学们思考3个问题,第一,为什么功率不是定值?老师做一点提示,对于一个定值电阻来说,为什么它的功率会变化呢?

生:因为通过它的电流改变了.

师:很好,那宽高比又决定了什么呢?

生:应该是……内阻(犹豫).

师:看来最后一问难度确实较大,如果我们单看宽和高这两项属性,它决定的是导体的形状,继而决定电阻,影响电流,但功率具体与宽高比值有什么关系呢,我们的思路到这里遇到了障碍,为了进一步定量研究,应该采用什么手段?

生:写出功率的表达式.

师:此题中我们的研究对象是什么?

生:当然是电阻 R .

师:在这里电阻 R 处于一个闭合回路当中,牵一发而动全身,因此分析的应该是整个回路.那么电阻此时的物理状态是什么呢?

生:正在产生电热.

师:结合这两项分析,我们表达式书写的起点应该是

$$P = I^2 R = \left(\frac{U_0}{R+r} \right)^2 R$$

接下来进行数学化简……

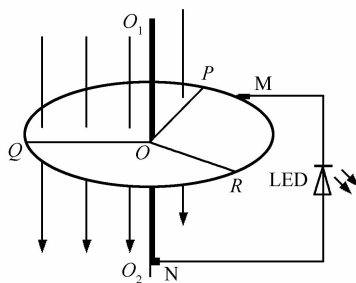
评述:此题中功率的模型无法直接想象出来,必须书写出表达式并用数学手段分析,这也是作为压轴小题的难点所在.在设计阶梯问题时,前两级台阶摸索到了一些思路,但随后笔者故意把阶梯截断,即不知道功率和宽高比具体的关系是什么,当发现思路遇到障碍时,学生会自发地寻找新的途径——表达式,然后通过第三、四个阶梯问题来分别明确分析的对象和其所处的物理状态,确定表达式书写的起点.事实上利用表达式是大题建模的重要方法之一,什么情景下要写表达式,从哪里开始写,这些都是建模的能力.相比于直接要求学生按部就班地执行,这样的设计更能够促进学生将这种方法融会贯通,有

机内化.

【例 2】如图 2(a) 所示,发光竹蜻蜓是一种常见的儿童玩具,它在飞起时能够发光.某同学对竹蜻蜓的电路作如下简化:如图 2(b) 所示,半径为 L 的金属圆环绕垂直于圆环平面、通过圆心 O 的金属轴 O_1O_2 转动,圆环上接有电阻均为 $3r$ 的 3 根导电辐条 OP, OQ, OR , 辐条互成 120° 角.在圆环内,圆心角为 120° 的扇形区域中存在垂直圆环平面向下磁感应强度为 B 的匀强磁场,在转轴 O_1O_2 与圆环的边缘之间通过电刷 M 和 N 与一个 LED 灯(可看成二极管,发光时,电阻为 $3r$) 相连.圆环及其他电阻不计.现让圆环平面垂直于风吹的方向放置,在恒定风力的作用下,圆环做逆时针匀速转动,已知风速恒为 v , 空气密度为 ρ , 风能转化为电能的效率为 η . 试求:



(a)



(b)

图 2 例 2 题图

(1) 风能转化为电能的电功率 P ;

(2) 圆环转动的角速度 ω .

教学环节 5:

师:两问基于我们的两条思路,首先是“为什么”,为什么圆环能转动?

生:被风吹.

师:从能量上来看,这个过程中风能转化成了电能,对应了电功率.接下来我们先写出风的动能的表达式,这需要我们求出质量,这太不可思议了,居然要大家求风的质量!但经过例 1 的启发之后,这已经难不倒大家了,请同学讲一讲你的思路.

生:我们可以把风这种流体看成是流体块,因为金属平面是一个圆环,因此流体块是个圆柱体,高就

是单位时间 t 内所经过的距离 vt , 算出体积再乘以密度就是风的质量.

师:非常好.第(2)问基于第2个思路,转动起来干什么?

生:发光.

师:除了发光呢?注意到其他部分有电阻.

生:还能发热.

师:因此整个装置消耗的电功率就等于电动势乘以总电流……

评述:设计阶梯问题时要“因时制宜”,由于学生已经在例1中完整地经历了构建“流体块”模型,在解决例2时可以适当加快速度,给予学生充分的自主发挥的空间,让学生自己走完大部分的阶梯.在顺利地求出风的质量和回路电功率后,学生会油然而生一种满足感、自豪感.这种做法也符合建构主义所认为的,教师应当在课堂中提示新旧知识之间联系的线索,帮助学生建构当前所学知识意义.

教学环节6:

师:现在大家已经掌握了题中的这个模型,能否反过来站在出题者的角度提出新的问题呢?

生:求在辐条 OP 转过 60° 的过程中,通过LED灯的电流……

评述:通过转换立场的方式,让学生扮演出题教师的角色,亲自体验出题的过程.可以缓解学生对高考(选考)大题的恐惧心理和排斥情绪,所谓“攻城为下,攻心为上”,在习题课中应重视“攻心”,而非一味地“攻题”.另一方面,一般的总结性习题课中都会突出“万变不离其宗”的解题规律,而这一环节让学生自由发挥创造力,在“知其宗”的前提下得出万变,能够发展学生逻辑思维能力和探索新知识的兴

趣.

3 结束语

事实上笔者所要教授的建模的3个步骤分别是:

(1)“为什么”——理清因果关系;

(2)“分析谁”——明确研究对象;

(3)“干什么”——紧扣题目要求.

整节课贯彻的思想是不直接灌输方法与技能,而是将其蕴含在若干个阶梯问题中,给学生独立思考 and 自主建构的空间.

教师是意义建构的帮助者、促进者,而不仅是知识的传授者与灌输者.新课改倡导的教学应是以人为本的教学,因此课堂教学应致力于发展学生的综合素质.在进行习题课教学时,让学生真正参与甚至主导从构建模型到应用模型的每一个过程,从而切实提高课堂的效率,这既是对学生的尊重,也是对知识的尊重.

参考文献

- 1 邹茂全.注重审题 巧用建模.中学物理教学参考,2014(8):54~56
- 2 杨定春.“以人为本”思想在物理教学中的体现.试题与研究:新课程论坛,2012(27):56
- 3 谭学勤.以人为本人学生主体——新课标下如何编写高中物理教学设计的探究.读写算:教育导刊,2013(10):15
- 4 刘科.也谈以人为本——物理教学工作小结.现代教育,2011(6):25~26
- 5 程志兰.构建“以人为本”的物理课堂.学周刊a版,2010(12):130
- 6 孙不凡.高考改革风险的定义与应对——以浙江省高考改革方案为例.教学与管理(中学版),2016(11):73~76

Designing Ladder Questions, Developing Independent Construction

——Build Physical Models to Solve Electromagnetic Questions Teaching Case

Zhou Jia

(Zhejiang Zhenhai High School, Ningbo, Zhejiang 315200)

Abstract: Reform of new entrance examination in zhejiang province expects the exercise-class are more efficient. When trying to answer a comprehensive electromagnetic question, teachers could help students establishing physics models gradually by ways of analyzing information, putting ladder questions and changing the situation. Not only improving the ability to solve question, but also developing comprehensive accomplishment.

Key words: ladder question; electromagnetic question; physics model; independent construction