



# 物理语言表征问题的教学要素分析\*

——以“闭合电路欧姆定律”教学为例

段玉文

(上海市嘉定区第二中学 上海 201802)

(收稿日期:2016-05-06)

**摘要:**物理语言表征问题的基本形式为文字叙述、数学公式表达、图形图像表示. 探析了物理语言表征问题教学的4个构成要素(提出问题、表征问题、解决问题、评价反思)及其教学模式,阐释了教学要素的特点,分析了教学要素的操作要点.

**关键词:**物理语言 表征问题 教学要素

表征就是把知识符号化并且与事物联系在一起储存在大脑中,是认知的一个重要过程. 问题表征就是针对问题进行相关信息的认知、提取和搜索,最后把这些信息整合起来表述出来,它是解决问题过程的一个重要环节,在问题的解决过程中,问题表征发挥决定性的作用. 一个问题只有得到了正确的表征,才能得到顺利的解决. 要顺利地解决物理问题,就要先正确恰当地用物理语言表征这个物理问题,学生的物理语言表征问题能力直接影响其解决物理问题的能力. 从问题解决的内涵和教学观出发,笔者认为,物理语言表征问题的基本形式为:文字叙述、数学公式表达、图形图像表示. 物理语言表征问题教学主要有4个构成要素:提出问题、表征问题、解决问题、评价反思. 物理语言表征问题教学模式如图1所示.

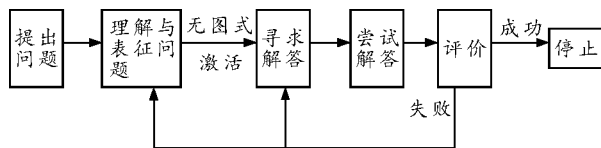


图1 物理语言表征问题教学模式

下面结合“闭合电路欧姆定律”教学实例对这4个要素逐一进行分析.

## 1 提出问题

提出问题是培养物理语言表征问题能力教学的第一个构成要素,教师通过精心设计难度适当而又有助于学生形成认识冲突的问题,让学生在认知上产生一种困惑. 良好的问题不但能激发学生的学习兴趣,激活学生的认知结构,还能够促进物理语言表征问题教学的有效进行. 那么什么样的问题才是好问题呢? 它应该具备以下3个特点.

### 1.1 从学生角度来看须具有可接受性障碍性和探究性

可接受性是指问题要容易为学生所理解,要有一定的意义而容易引起学生对问题的关注. 障碍性则是要求问题要符合维果斯基的最近发展区原理,也就是问题的解决办法不是显而易见的,是没有现成的方法可供使用但又确实与已学内容有一定联系的问题. 探究性有两层含义:一是学生能进行探究;二是探究的过程有明确的价值取向(涵盖教学内容的价值、思维的价值和人文的价值).

### 1.2 从教师角度来看应当有可控性

可控性是指教师通过问题的选择,能够控制与诱导学生围绕在教学中心上. 由于中学教学任务繁

\* 全国教育科学“十二五”规划教育部重点课题“培养中学生物理语言表征问题能力的实践研究”的阶段性研究成果,项目编号: DHA140323

作者简介:段玉文(1964- ),男,硕士,中教高级,研究方向为中学物理课程、教材、教法.

重,要将物理语言表征问题应用于日常教学,这一点便是教师们关注的一个重要问题.有的教师认为,物理语言表征问题教学只适用于复习课或是公开课、展示课,如果平常的教学也这样做,那么教学任务根本完不成.其实,在选择问题时注意到问题的可控性,这一难题便可以解决,教师也克服了物理语言表征问题教学总有一种“高处不胜寒”之感.

### 1.3 从问题结构来看要具有可生成性开放性

可生成性是指选取的问题要有新问题或新生长点,能够在更改条件下产生新的问题,或是能够迁移、拓展.开放性则有3层含义:一是条件的开放,二是结论的开放,三是求解过程的开放.

**教学片断一:**“闭合电路欧姆定律”教学,首先,教师分别将4节1.5 V的旧电池串联,两节1.5 V的新电池串联,然后用电压表测一下两个电池组两极间的电压,并向学生展示测量值分别为5.5 V和3 V.然后,将一只额定电压为2.5 V的小灯泡连接到如图2所示的电路中,先连接在新电池组两端,灯泡正常发光,这时将电压表连接到电池组两极,测得的电压值为2.5 V.再将灯泡连接到旧电池组两极,此时开关是断开的,教师提出问题,如果闭合开关,小灯泡会怎么样?有的学生会说,小灯泡会比刚才更亮,有的学生会说小灯泡灯丝会被烧断.这时,将开关闭合,发现小灯泡的灯丝不但没被烧断,而且发光比较暗,与学生的预想产生了强烈的反差.继续保持电路闭合,小灯泡发光,这时将电压表再次连接到电池组两极,测得的电压值由原来的5.5 V变成了1.3 V.接着向学生提问产生这一现象的原因.为什么在灯泡正常发光时测得的电池组两端的电压值都减小了呢?为了能够解释这种现象,让我们来学习物理学中的一个重要规律——闭合电路欧姆定律.

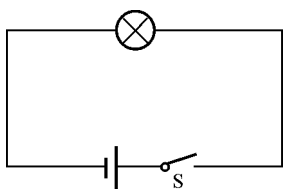


图2 小灯泡与电池组成的闭合电路

## 2 表征问题

表征问题是物理语言表征问题教学的第二个构

成要素.它是在提出问题的基础上,引导学生从已有知识出发对所处问题情境进行分析,通过思维加工,剔除无关信息,从而获得对问题的本质认识.我们将这一步骤称为问题的物理语言表征过程,即“识别已有信息和问题的目标状态,明确问题的类型,了解问题的实质,把任务分解为比较具体的子任务,以便逐步缩小起始状态和目标状态之间的距离”.

教学中,学生在面对具体问题时,会根据个人的知识背景和思维习惯选择性地注意问题情境中的某些特征,从不同的角度表述和理解一个问题,这种表征具有个性化特点,不仅是简单的任务分解,还是将个人头脑中长时记忆力的原型与问题进行匹配的过程.表征能力强的学生头脑中储存的是一类问题的共同特征和一类问题分析的思路,而表征能力差的学生遇到陌生的问题时,就会盲目地尝试,缺乏思考的策略,无法正确地表征问题.因此,在物理语言表征问题教学中,教师应该选择多样化的表征策略来帮助学生识别和分析问题,教师可以根据问题情境的特点来选择用文字叙述、数学公式表达、图形图像表示等方式来表征问题,促进问题解决教学的进行.

**教学片断二:**教师首先指导学生认识闭合电路的结构,然后根据图3所示电路进行实验.引导学生讨论分析,得出关系  $U_{内} + U_{外} = \text{定值}$ .

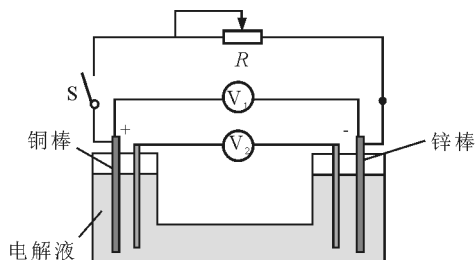


图3 闭合电路结构

教师:随着外电阻减小,外电压减小,内电压增大,内、外电压之和基本为定值.这个定值一定揭示着电路中某个本质的规律.我们从能量的角度分析这个定值到底是什么.电路中谁消耗电能,谁提供电能呢?根据能量守恒定律,它们之间有什么关系?

学生讨论,教师引导:

对于外电路

$$W_{外} = U_{外} q = U_{外} It$$

对于内电路

$$W_{内} = U_{内} q = U_{内} It$$

对于电源

$$W_{\text{非静}} = Eq = EIt$$

由

$$W_{\text{非静}} = W_{\text{内}} + W_{\text{外}}$$

得到

$$EIt = U_{\text{外}}It + U_{\text{内}}It$$

得到

$$U_{\text{内}} + U_{\text{外}} = E$$

学生得出:刚才实验中的定值为电源电动势.

教师:电源电动势等于内、外电路电势降落之和.也可通过一个简单模型(图4)来形象分析.从这个图上我们看到,从电源的负极 $b$ 出发,经过一周再回到负极 $b$ ,在电源正负极附近非静电力做功有两次电势的提升,在电源内部和电源外部,静电力做功又有两次电势的降落.这两次电势提升的总和就是电源电动势,而两次电势的降落分别就是电源的内电压和外电压.

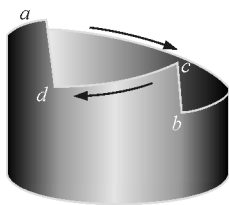


图4 简单模型分析电源电动势

电源种类很多,形成非静电力的机理不同,但对所有电源都有  $U_{\text{内}} + U_{\text{外}} = E$ .

对于纯电阻电路,则有  $U_{\text{内}} = Ir$  和  $U_{\text{外}} = IR$ ,得

$$E = IR + Ir$$

进一步变形得数学公式

$$I = \frac{E}{R + r}$$

上式物理意义如何用文字叙述?

学生:闭合电路的电流跟电源的电动势成正比,跟内、外电路的电阻之和成反比.

### 3 解决问题

在对问题进行分析,引导学生对问题有了本质认识之后,教师要指导学生寻求方法解决问题,也就是要经历解决问题的过程.根据认知心理学理论可知,解决问题的过程就是在问题空间中搜索解决途径的过程.搜索问题解决途径的方式有3种,分别是

随机式搜索、算法式搜索和启发式搜索.所谓随机式搜索是指“在事先没有得到任何信息或毫无计划的条件下进行的一种搜索”.实践表明,这种搜索有效率约等于零,所以在问题解决教学中不宜采用.算法式搜索是指“在缺乏具体目标的情况下进行穷举一切可能的搜索.”采用这种方式虽然能够保证解决问题,但是既耗费时间,又耗费精力,如果问题空间比较小,还可以考虑尝试,否则也不易在问题解决教学中使用.与这两种搜索方式不同的是启发式搜索,这是一种“运用有关信息或已有知识经验来寻求解决途径”的搜索方式.实验证明,这种方式既省时间又省精力,而且能够充分利用问题解决者认知结构和情境中的有效信息.在问题解决教学中,教师应从这一方式出发采用多种教学策略,激活学生的相关知识结构,使问题情境中的命题与认知结构联系起来,促进学生积极参与,积极思考.

**教学片断三:**教师:闭合电路欧姆定律是电路的基本规律,它对设计和分析电路有重要意义.我们回到课前实验,电池用了较长时间后会造成内阻过大,同学们能否分析出4节旧电池替换两节新电池为灯泡供电,灯泡反而更暗的原因吗?

学生:4节旧电池内阻过大,内电阻分压过多,造成外电压反而更小.

教师:这种现象说明,我们在实际生活中不仅要关心电源电动势,更应该关注路端电压.那么,路端电压与外电路的电阻有什么关系呢?下面我们通过实验来探究一下路端电压与负载的关系.

我们用电阻和滑动变阻器代替负载,但是,变阻器的电阻值不易确定,我们如何利用其他物理量来替代外电阻呢?

学生:用电流表测电流,电压表测路端电压,可以计算出外电阻.

教师:由闭合电路欧姆定律可以推得  $U_{\text{外}} = E - Ir$ ,对于确定的电路, $E$ 和 $r$ 一定,数学方程中  $U_{\text{外}}$ 和 $I$ 是什么关系.

学生: $U_{\text{外}}$ 和 $I$ 是线性关系.

教师:这个线性关系是否正确,可以利用实验测出  $U_{\text{外}}$ 和 $I$ 的几组数据,通过什么方法进行验证?

学生:通过画出图像进行验证.

教师:请同学们通过实验探究路端电压与负载的关系,并验证  $U_{\text{外}}$  和  $I$  的线性关系.

学生按照图 5 所示电路图改为 DIS 实验,测量数据  $U_{\text{外}}$  和  $I$ ,计算出负载阻值,寻找规律,并且作出  $U-I$  图像.

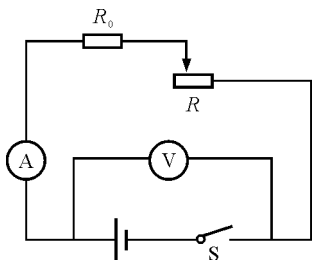


图 5 探究路端电压与负载关系电路图

实验数据如表 1 所示.

表 1 实验数据

$U/V$	$I/A$	$R/\Omega$
1.45	0.12	12.1
1.36	0.20	6.80
1.27	0.28	4.54
1.16	0.36	3.22
1.06	0.44	2.41

教师:你们从实验数据中能得出什么结论?

学生得到:

- (1)  $R$  增大,电流减小,路端电压增大;
- (2)  $R$  减小,电流增大,路端电压减小.

教师:从图像中能否得出关系?

学生通过图像拟合得到路端电压与电流的  $U-I$  图线(图 6 路端电压与电流的关系),图线方程为  $y = a - kx$ ,可以确定  $U_{\text{外}} = E - Ir$  正确.

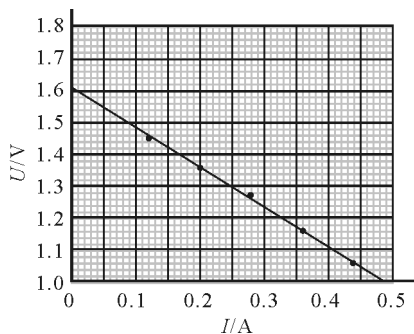


图 6 路端电压与电流的关系

教师:直线的斜率的绝对值表示什么?直线与纵轴的交点表示什么物理意义?

学生:直线斜率的绝对值表示电源内阻.当外电路断开时, $R \rightarrow \infty, I = 0, U_{\text{外}} = 0, U = E$ ,直线与纵轴的交点表示电源的电动势.

教师:当纵轴起始坐标为零时,直线与横轴的交点表示什么物理意义?

学生:当外电路短路时, $R = 0, U = 0$ ,直线与横轴的交点表示短路时的电流.

教师:根据所作图线求出电源的电动势和内阻各是多大?

学生:由图线求得,电动势  $E = 1.60 \text{ V}$ ,内阻  $r = 1.2 \Omega$ .

#### 4 评价反思

评价反思是物理语言表征问题教学的第 4 个构成要素,即教师在引导学生经历物理语言表征问题过程,获得新结论之后,对物理语言表征问题的过程、方法进行评价反思.在教学中,要求教师通过引导学生收集、整理有关假设的材料,分析、概括得出结论,教师可以在每一次物理语言表征问题之后,引导学生总结学习到的新知识,让学生反思自己学到了什么,在小组活动中做了些什么,是通过怎样的方法来进行物理语言表征问题的.通过评价反思,使学生将新知识与原有的理解联系起来,有意识地提炼出概括性的知识,将相关概念、具体技能与遇到的问题相结合,加以巩固应用,从而防止知识变成惰性的知识,或过于受到情境的限制等弊端.

**教学片断四:**教师:今天我们从实验和理论推导研究了闭合电路欧姆定律,并且延伸讨论了路端电压与负载、路端电压与电流的关系.闭合电路欧姆定律有 3 种表征方式,即文字叙述、数学公式表达、图形图像表示,3 种方式各有哪些特点和表述的优势?请同学们讨论交流.

学生:讨论交流.(略)

教师:针对下列问题,请同学们选择适当的物理语言表征方式进行分析.

(1) 将干电池两极用导线直接短接,电池的电压很快会放完,为什么?(数学公式表达)

(2) 在购买电池时,一定要看出厂日期,买回家出厂时间很长的电池,用电压表直接量电池的电压显示满压,却不能用,这是为什么?(文字叙述)

(下转第 35 页)

结合数学知识再来分析这一题会怎样呢?

如图4所示,假设物体斜上抛的速度与水平方向的夹角为 $\beta$ 且 $\beta = \alpha + \theta$ .由斜上抛运动分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的竖直上抛运动,取水平、竖直方向为 $x$ 轴、 $y$ 轴, $t$ 时刻物体的坐标为

$$x = v_0 t \cos \beta \quad y = v_0 t \sin \beta - \frac{1}{2} g t^2 [4]$$

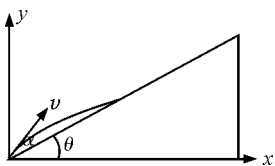


图4 对斜上抛物体进行分析

由以上两式联立消去参数 $t$ ,可得到斜抛物体运动的轨迹方程

$$y = x \tan \beta - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

由抛物线方程得到顶点的坐标为

$$x = \frac{v_0^2}{2g} \sin(2\beta) \quad y = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \beta$$

两式相除可得

$$\frac{y}{x} = \frac{\sin^2 \beta}{\sin(2\beta)} = \frac{1}{2} \tan \beta$$

所以有

$$y = \frac{1}{2} x \tan \beta$$

上式表明沿同一方向抛出的各个物体所到达的最高

点,在一条斜率为 $\frac{1}{2} \tan \beta$ 的倾斜的直线上.又由题意 $\beta = \alpha + \theta$ ,由前面例2中的式(3)得

$$\tan(\alpha + \theta) = \tan \beta = 2 \tan \theta$$

则由 $\frac{1}{2} x \tan \beta$ 变为 $y = x \tan \theta$ ,即各抛物线的顶点在斜率为 $k = \tan \theta$ 的这条倾斜直线上.如图4根据斜面所在的直线方程也为 $y = x \tan \theta$ ,则两条直线重合.只要斜上抛速度方向与斜面的夹角为 $\alpha = \beta - \theta$ ,无论速度多大,抛物线的顶点都在斜面上,即斜抛运动最高点都在这条直线上.这样,通过构建抛物线方程与直线方程,应用数学知识解决了此类问题.

在教学中结合具体物理问题,灵活运用数学方法,注重渗透“STEM”教育,对理科学生的思维能力发展是大有帮助的.

### 参考文献

- 1 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准.北京:人民教育出版社,2004
- 2 中华人民共和国教育部.2016年高考考试说明——理科综合.北京:人民教育出版社,2015
- 3 朱学彦,孔寒冰.科技人力资源开发探究——美国STEM学科集成战略解读.高等工程教育研究,2008(2)
- 4 杨榕楠.更高更妙的物理.杭州:浙江大学出版社,2013.42

(上接第32页)

(3) 有一节标示不清的电池,希望准确知道电池的电动势和内阻,可以采用哪种办法?(图像表示)

学生:讨论交流.(略)

从问题解决的教学内涵和教学观出发,问题成为构建学习的载体.当一个人面对问题时,就会形成一个“问题空间”,它所引发的“空缺感”是解决问题的内在动力.学生在面对一个物理问题情境时,他们不是“一张白纸”,他们有着丰富的并存在相互差异的经验世界.教学中,教师要把知识学习的中心从学习内容转移到学生,根据学生已有经验,设置问题,引导学生识别和分析问题,鼓励学生建立新的理解;也就是说要为学生提供一个合适的情境,即问题情

境;搭起一个思考的平台,即“问题解决”的平台.物理语言表征问题的教学正是基于这一观点,要求教师通过创设不同的问题情境为学生搭建一个思考的平台,合理组织教学内容,选择适当的物理语言表征问题基本形式(文字叙述、数学公式表达、图形图像表示),调整教学策略,协助学生进行信息分析、概括、评价、反思等一系列问题解决过程,在解决问题中建构知识,培养学生物理语言表征问题能力.

### 参考文献

- 1 廖伯琴.中学生物理问题解决的表征差异及其成因探析.成都:四川教育出版社,2001
- 2 邓铸.问题解决中对问题的外部表征和内部表征.心理学动态,2001,9(3):193~200
- 3 邓铸.知识丰富领域问题表征与解决策略.宁波大学学报(教育科学版),2002,24(1):32~36