

从3个变量出发解决实验探究问题*

籍金艳 徐立鹏

(北京交通大学附属中学 北京 100081)

冯爽

(北京教育学院 北京 100120)

(收稿日期:2022-04-28)

摘要:北京中考物理试题中有一类实验探究题,探究要素包括提出问题、猜想与假设、设计实验与制定计划、进行实验与收集证据、分析与论证、评估、交流与合作等.题目考查点可以在任一探究要素挖掘.学生对这类题目的解答存在一些困难,尤其是初二的学生.为了帮助学生能够迅速理清思路,抓住关键信息,从而顺利解决问题,以3种类型的实验探究题为例,分别介绍解题思路.

关键词:自变量 因变量 控制变量 实验探究

实验探究类问题的解题思路非常明确,学生的问题也很明显,主要是分不清自变量、因变量和控制变量,所以在做题时会出现各种各样的问题.针对学生的问题,教师需要给学生搭好台阶,每一步台阶都要让学生踏踏实实掌握,才能帮助学生顺利解决问题.“教师在中学物理教学中落实核心素养的培养目标需要具体、有效的途径.”^[1]本文中将会具体介绍解决实验探究题的有效途径.不管哪种类型的实验探究题,都要从真正理解3个变量开始.“科学家们通常把原因变量叫做自变量,就是你在实验中有目的地控制和改变的变量.”“结果变量叫因变量,就是你在实验中测量的变量,因变量的变化依赖于你所改变的变量(自变量)的变化.”“控制变量(又称无关变量)是指在实验过程中需要保持不变的物理量.”^[2]接下来将分别介绍3种类型的实验探究题的解题思路.

1 提出可探究的科学问题的解题思路

以2021年北京中考物理试卷第18题为例.

【例1】小丽在中国科技馆“会发电的衣服”的展台区,进行了如下探究实验:用脚踩动踏步机踏板,

带动发电纤维抖动,LED灯被点亮;增大踩动踏板的速度,发现被点亮的LED灯的数目增多.请你根据小丽的实验步骤及现象,写出她所探究的问题.

“一个可探究的科学问题可以有不同的陈述方式,常见的陈述方式有下列3种.方式一:某个变量影响另一个变量吗?方式二:如果改变某个变量,另一个变量会怎样变化?方式三:一个变量跟另一个变量有关吗?”^[3]秦晓文老师的书中已经对这类问题讲解得非常详细了.但实际上,作为教师,如果仅仅强调以上3种提问方式,学生可能会记住形式,但是通常还会把自变量和因变量弄混淆,或者根本不会区分哪个是自变量,哪个是因变量.即使对初二的学生不断强调自变量影响因变量,他们在具体做题时,还是会经常出错.所以,要帮助学生顺利解决这类问题,可以分步骤讲解.

(1) 让学生真正理解3个变量的意义

突出自变量是原因,是要改变的物理量,这种改变是人为的、主观的改变.因变量是结果,是由自变量的变化引起的,这个结果量是要通过测量来比较的,要不断跟学生强调其中的逻辑关系.“概念规律革新过程中大量的事例能够生动说明模型建构、逻

* 北京市教育科学“十三五”规划2020年度一般课题“新课改背景下教研员培训课程开发研究”研究成果,课题编号:CFDB2020165;北京教育学院2021年度课题“中小学线上线下混合式教学现状与模式研究”研究成果;北京教育学院《物理课程论》课程建设教育教学改革项目研究成果.

作者简介:籍金艳(1982-),女,硕士,中教一级,主要研究方向为中学物理教学.

通讯作者:冯爽(1982-),女,副教授,主要研究方向为物理教育教学与物理教师培训.

辑推理、解释论证等科学思维特质,教学时可结合概念规律的革新过程使学生提升科学思维。”^[4]所以,还需要多举一些例子让学生明白这种逻辑关系.我们经常举的例子就是:“小明的心情与天气有关”,或“天气越好,小明的心情越好”.没有人会说:“天气与小明的心情有关”,在这一例子中,显然天气是原因,小明的心情是结果.可能这个例子不是很恰当,但是可以帮助学生迅速明白其中的逻辑关系.这样,学生对于自变量和因变量的认知就会深入一些.在具体问题的解决中还需要一再强调原因变量是谁,结果变量是谁,不断给学生强化这种逻辑关系.还可以告诉学生:“改变”的那个量就是自变量,“改变”体现在题中通常是“改变”“增大”“减小”等字眼.这样学生通过读题,就能迅速发现“踩动踏板的速度”是原因,是自变量;“点亮的LED灯的数目”是结果,是因变量.还可以找到题中“增大踩动踏板的速度”这个信息,迅速定位“增大”后边的量“踩动踏板的速度”是自变量,因变量就是“被点亮的LED灯的数目”.

(2) 转变提问形式

3种提问形式分别转变为:①自变量影响因变量吗?②如果改变自变量,因变量会怎样变化?③因变量跟自变量有关吗?

(3)根据找到的自变量和因变量,套进3种提问方式即可

上述可探究的科学问题可以有3种问法:①踩动踏板的速度影响被点亮的LED灯的数目吗?②如果改变踩动踏板的速度,被点亮的LED灯的数目会改变吗?③被点亮的LED灯的数目跟踩动踏板的速度有关吗?

对于初中的学生而言,教学中,引导学生在识别以上不同提问方式的基础上,重点落实第3种提问的方式.如果没有侧重,落实各种方式的表述,容易引起学生的思维或表达混乱.在日常教学中,我们反复给学生强化以上解题思路,使学生更容易分清楚自变量和因变量的区别以及准确提出可探究的科学问题.

2 评估类实验解题思路

2.1 例题展示

以2021年北京中考物理试卷第22题为例.

【例2】小圆想探究通过导体的电流与导体的电阻之间的关系,他利用干电池、电流表、电压表、多个阻值不同且已知的定值电阻、开关及导线,设计了如图1所示的电路.实验中,他将定值电阻 R 接入电路中,读出相应的电流表的示数并观察电压表的示数,记录实验数据.将 R 换为不同阻值的另一个电阻后,小圆观察到电压表的示数增大了.小圆意识到自己的实验设计不能实现探究目的.

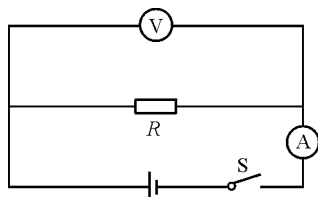


图1 探究 I 与 R 关系的电路图

(1)请你写出小圆的实验设计不能实现探究目的的原因:_____;

(2)请你画出能够实现探究目的的电路图(可以添加适当的实验器材);

(3)依据你设计的电路图,针对小圆不能实现探究目的的原因,写出操作的方法.

2.2 解题思路

(1) 明确探究问题

本题中探究的是通过导体的电流 I 与导体的电阻 R 的关系.

(2) 确定3个变量

在探究问题中,明确寻找自变量、因变量的一般方法.探究 A 与 B 的关系时, A 是因变量, B 是自变量.也可以认为“与”字后边是自变量,“与”字前边是因变量.本题中自变量为电阻 R ,即实验中要改变的物理量.如何改变呢?——换不同阻值的电阻.因变量为电流 I ,可能会随着自变量的改变而改变(电流表测量).控制变量为电阻两端的电压 U ,是实验中需要控制不变的物理量.如何控制不变?——用电压恒定的电源或调节与之串联的滑动变阻器.

(3) 结合3个变量的特点去题中找对应的信息

通常评估类实验问题出在两方面:①该改变的自变量没有改变;②该控制的控制变量没有控制不变.再结合各变量的特点去找对应信息.具体分析如下.

自变量 R 是否改变.题中明确指出“将 R 换为不同阻值的另一个电阻”,所以,自变量改变了,正确.

找到问题之后,剩下的问题就迎刃而解了.

控制变量为电压 U ,是否控制不变.本次中并没有强调恒压电源,干电池的电压是会改变的,所以问题就找到了.小圆的实验设计不能实现探究目的的原因就是:没有控制电阻两端电压不变.

2.3 例2答案

2.1中例2答案为:

- (1) 不能控制电阻两端的电压不变;
- (2) 画出电路图如图2所示.

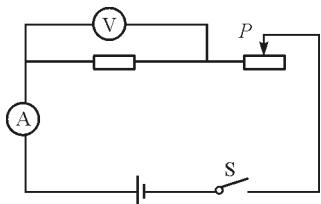


图2 设计正确的电路图

(3) 更换不同阻值的电阻后,调节滑动变阻器滑片 P ,使电压表的示数与上次示数相等.

评估类实验要跟学生强调从两个方面来考虑:自变量是否改变和控制变量是否控制不变,通常存在的问题都在这里.所以还是要不断地跟学生强化自变量和因变量的区分,只有让学生从根本上理解这些变量的特点,才能帮助他们熟练解决问题.在学生掌握了解题方法后,再给他们提供对应的题型多加练习,慢慢就能让学生熟练掌握.

3 设计类实验解题思路

3.1 设计类实验例题展示

对于设计类实验题,我们通常会给学生搭台阶,从填写关键步骤,逐步过渡到学生自主完成所有实验步骤,一步步引导学生按照正确的解题思路思考问题和解决问题.具体设计如下.

【例3】实验桌上有如下器材:符合实验要求的电源一个、电流表和电压表各一只、滑动变阻器一个、阻值已知的定值电阻一个、开关一个、导线若干.请选用上述器材,设计一个实验证明:“当电阻保持不变时,该电阻消耗的电功率与通过该电阻电流的平方成正比.”

- (1) 请在虚线框内画出实验电路图.



- (2) 将实验步骤补充完整.

① 将电压表、电流表_____ ,断开开关 S ,按_____ ,将滑动变阻器滑片调至阻值_____ 位置.

② 闭合开关 S ,调节滑动变阻器的滑片到适当位置,用电压表、电流表分别测出定值电阻两端的电压 U 和通过该电阻的电流 I ,将 U 和 I 的数据记录在表格中;

③ _____

④ 仿照步骤③再做4次实验,每次改变滑动变阻器滑片 P 的位置,用电压表、电流表分别测出定值电阻两端的电压 U 和通过该电阻的电流 I ,将 U 和 I 的数据记录在表格中;

⑤ 计算出各次电流的平方值_____ ,利用公式_____ 分别计算出定值电阻消耗的功率 P ,将 I^2 和 P 的数据记录在表格中.

- (3) 设计实验数据记录表格.

3.2 解题思路

- (1) 明确探究问题

当电阻 R 保持不变时,该电阻消耗的电功率 P 与通过该电阻电流的平方 I^2 成正比.在这里可以要求学生把对应的物理量符号写出来,更加简洁明了.

- (2) 确定3个变量

自变量(“与”字后边的物理量):电流的平方 I^2 (电流表测量 I ,再计算得到 I^2);因变量:电功率 P (根据 $P=UI$ 得到,需要用电压表和电流表分别测出 U 和 I);控制变量:电阻 R (用定值电阻 R_0) 结合以上分析,明确电路图如图3所示.

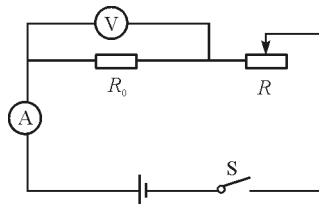


图3 探究 P 与 I^2 关系的电路图

- (3) 具体分析

自变量电流的平方 I^2 要改变,控制变量电阻 R 又不能改变,所以要通过调节滑动变阻器来改变电流 I ,从而改变自变量 I^2 .实验步骤中要体现出来.

3.3 例3答案

- (1) 实验电路图如图3所示;

(2) 实验步骤.① 调零;电路图连接电路;最大.② 将所测 U 和 I 填入表格中.③ 调节滑动变阻器的

滑片到另一位置,用电压表、电流表分别测出定值电阻两端的电压 U 和通过该电阻的电流 I ,将 U 和 I 的数据记录在表格中.④仿照步骤③再做4次测量,每次改变滑片位置.⑤ I^2 ; $P=UI$;

(3)记录实验数据的表格如表1所示.

表1 实验数据记录

R/Ω					
I/A					
I^2/A^2					
U/V					
P/W					

老师带领学生完成第一题后,可以让学生参照以上做题步骤,自主完成以下题目.

【例4】小梦在初三总复习时认识到,水吸收的热量可以定量测量了,于是她想重新设计一个实验证明,水吸收热量的多少与水升高的温度有关.图4是小梦已经设计好的电路,其中保温杯中装有质量一定的水,阻值为 5Ω 的电阻丝 R 和数字温度计的测温探头,请利用该电路及秒表,帮助小梦完成实验设计.请你写出主要实验步骤,做出实验数据记录表.

(1)明确探究问题.

(2)确定3个变量.

自变量:

因变量:

控制变量:

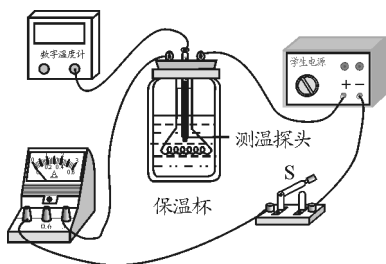


图4 探究 $Q_{\text{吸}}$ 与 ΔT 关系的实物图

学生经过分析很快就能确定探究问题为“水吸收热量的多少 $Q_{\text{吸}}$ 与水升高的温度 ΔT 有关”,接着确定3个变量:自变量为水升高的温度 ΔT ,怎么得到呢?要用两次温度计示数的差值表示,所以还需要测量初温 $T_{\text{初}}$ 和末温 $T_{\text{末}}$;因变量为水吸收热量的多少 $Q_{\text{吸}}$,怎么测量呢?没办法直接测量,所以转换为电阻丝产生电热的多少 $Q_{\text{放}}$,而电热 $Q_{\text{放}}$ 同样没办法直接测量,根据公式 $Q_{\text{放}}=I^2Rt$,保证电流和电阻

不变,就可以继续转换为加热时间 t 的长短,具体分析思路如下:

电热 $Q_{\text{放}} \leftarrow Q_{\text{吸}}$ 与 ΔT 有关

↓ ↓

$$Q_{\text{放}} = I^2Rt \quad \Delta T = T_{\text{末}} - T_{\text{初}}$$

分析后就很容易得到答案:

①闭合开关,测出电流 I ,并记录 R 和 I 的数据.

②设定水的初温 $T_{\text{初}}$ 为 $26.0\text{ }^\circ\text{C}$,并记录.当温度计示数为 $26.0\text{ }^\circ\text{C}$ 时,启动秒表开始计时,当水温分别达到 $28.0\text{ }^\circ\text{C}$, $30.0\text{ }^\circ\text{C}$ 时,分别记录水的温度 $T_{\text{末}}$ 及相应的加热时间 t .利用 $\Delta T = T_{\text{末}} - T_{\text{初}}$ 计算水升高的温度 ΔT ,并记录.

③利用 $Q_{\text{吸}} = Q_{\text{放}} = I^2Rt$ 计算水吸收的热量 $Q_{\text{吸}}$,并记录.

实验数据记录表如表2所示.

表2 实验数据记录

$T_{\text{初}}/^\circ\text{C}$	$T_{\text{末}}/^\circ\text{C}$	$\Delta T/^\circ\text{C}$	R/Ω	I/A	t/s	$Q_{\text{吸}}/J$

综上所述,几乎所有的探究实验类问题都可以通过分析探究问题、找准3个变量、具体分析从而解决问题.解题的思路非常清晰,但是要学生迅速理解并掌握,还需要教师不断地解释3个变量的特点,反复地训练学生识别3个变量,提供明确的解题思路,并且需要学生进行大量的练习才能熟练掌握.这种教学方法也符合物理教学中培养学生科学思维能力的教学中心任务.由“懂”到“会”到“熟”,最后到“巧”,分别对应着“表象思维”“机械思维”“抽象思维”和“创造思维”^[5].从而帮助学生一步步攀登更高的阶梯,最终顺利解决对应的问题.

参考文献

- 冯爽.指向核心素养的物理单元教学设计策略研究[J].物理教学,2020(7):15~18
- 秦晓文.探究照亮未来——物理教学中科学探究的理论与实践[M].北京:中国青年出版社,2017.18
- 秦晓文.探究照亮未来——物理教学中科学探究的理论与实践[M].北京:中国青年出版社,2017.25
- 冯爽.普通高中物理课程标准中物理学史内容分析及教学策略构建[J].物理教师,2021,42(4):21~23
- 田成良,夏伟宁.回归物理学的本原——吴加澍物理教育思想研究[M].北京:北京师范大学出版社,2021.77