

去情境化阶段的物理概念教学

——对电源输出功率概念教学的反思

贺艳伟

(宁波科学中学 浙江 宁波 315300)

(收稿日期:2020-01-02)

摘要:物理概念要从情境中得到形象认知,但去情境化阶段是学生获得抽象概括的一般化知识和思维方法、形成知识体系和物理观念,进而帮助学生在再情境化阶段进行知识迁移、解决更多同类问题提供认知基础.电源输出功率随负载而变化,其变化规律中对电源最大输出功率的认知在去情境化阶段进一步深化,才能为新情境中的问题解决提供科学前提.

关键词:物理概念教学 去情境化 电源输出功率 教学反思

《普通高中物理课程标准(2017年版)》指出:核心素养是学生通过学科学习而逐步形成的正确价值观念、必备品格和关键能力,物理学科核心素养主要包括“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”4个方面,其中物理观念居于物理学科核心素养之首,是物理概念和规律等在头脑中的提炼和升华,是形成科学思维经历科学探究及养成科学态度与责任的前提也是归宿,可见,物理教学应以物理观念来统领,物理概念的科学构建是形成物理观念的基础.

1 物理概念教学的去情境化过程

物理概念是从大量的物理事实中抽象、概括出来的物理现象的内在联系,是反映物理现象、物理过程本质属性的思维形式,是物理规律和理论的基础,是整个物理学科体系的基石.通过具有特定含义的简明字词组成的物理概念,不仅是物理基础知识的重要组成部分,而且是构成物理规律和科学表述物理规律、建立物理体系和完善物理理论的基础和前提.物理概念的一个重要特点是抽象性,物理概念教学是物理教学的重点也是一直以来的难点.

如图1所示,完整的物理概念教学需经历情境化、去情境化、再情境化3个阶段^[1],其中“去情境化”阶段重视从感性认识到理性认识的飞跃,使学生获得一般化的抽象知识和思维方法,形成知识体

系.在此过程中,学生对物理现象的认识经历从直观的具体认知到抽象认知,学生思维从形象思维发展到抽象思维,通过进一步丰富认知结构形成系统的知识体系,是学生科学思维发展的质的变化.

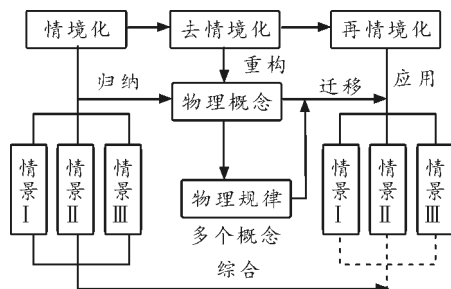


图1 物理概念教学的3个阶段

2 一个再情境化的物理问题

再情境化阶段的物理问题综合性强,是对物理规律、物理概念抽象本质融合后的具体化呈现,需要通过将复杂问题分解为若干简单问题的科学思维方法进一步寻求解决问题的途径.

【例题】如图2所示,电源电动势 $E=12\text{ V}$,内阻 $r=3\ \Omega$,图2(a)中 $R_0=1\ \Omega$,图2(b)中直流电动机内阻 $R'_0=1\ \Omega$,当调节滑动变阻器 R_1 时可使图2(a)电路输出功率最大,同样,调节 R_2 时可使图2(b)电路输出功率最大,且此时电动机刚好正常工作(额定输出功率为 $P_0=2\text{ W}$),则 R_1 和 R_2 的值为()

A. $2\ \Omega, 2\ \Omega$ B. $2\ \Omega, 1.5\ \Omega$

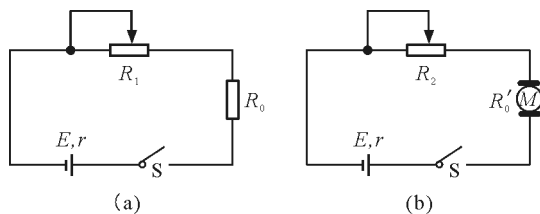
C. $1.5\Omega, 1.5\Omega$ D. $1.5\Omega, 2\Omega$ 

图2 例题题图

初步分析题面:题目情境为综合问题,直流电路的外接负载分别为纯电阻和非纯电阻两种不同的情形,涉及到的物理概念主要是电源的输出功率及最大输出功率。

学生的困难:首先,通过直流电源向纯电阻负载输出电能的基本情境中学生得到了电源输出功率的概念,但是在非纯电阻电路中该如何应用这一结论呢?其次,两个电路之间究竟应该如何建立联系才能有效解决问题呢?显然,对电源输出功率和最大输出功率这一物理概念没有透彻思考研究,在迁移中解决综合问题时便显得无从下手。下面重新还原概念的得出过程,重点是去情境化的环节中对概念的抽象思考、重建的过程。

3 还原物理概念的情境化得出过程

如图3所示,闭合电路中直流电源的电动势为 E ,内阻为 r ,外电路电阻为 R ,根据闭合电路欧姆定律可知回路中的总电流为 $I = \frac{E}{R+r}$ 。

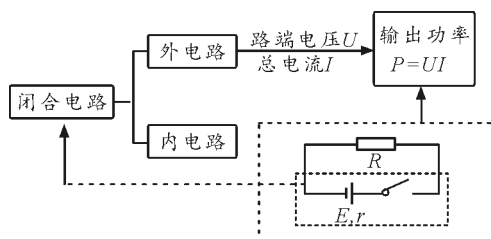


图3 “闭合电路”概念的情境化得出过程

电源的输出功率为 $P = \left(\frac{E}{R+r}\right)^2 R$,即为电源输出功率与外电阻的关系。

4 关于最大输出功率的去情境化思考

4.1 纯电阻电路中电源最大输出功率条件的寻找方法

方法1:不等式法

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

根据不等式知识可知,当满足 $R = \frac{r^2}{R}$,即 $R = r$ 时,电源的输出功率最大,即

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$$

方法2:判别式法

将 $P = \left(\frac{E}{R+r}\right)^2 R$ 变形为

$$R^2 - \left(\frac{E^2}{P} - 2r\right)R + r^2 = 0$$

将上式视为关于 R 的一元二次方程,方程必有解,判别式满足

$$\Delta = \left(\frac{E^2}{P} - 2r\right)^2 - 4r^2 \geq 0$$

解得

$$P \leq \frac{E^2}{4r}$$

即 $P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$,此时 $\frac{E^2}{4r} = \left(\frac{E}{R+r}\right)^2 R$,即 $R = r$ 。

4.2 对结论的再思考

思考1:由电源最大输出功率表达式 $P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$

可知,此物理量取决于电动势 E 和内阻 r ,为电源本身的参数,与外电路无关。即电源一旦给定,其最大输出功率便确定,即便是外电路的负载为非纯电阻元件也不改变这一参数。

思考2:在几何画板中做出电源输出功率随外电阻变化的关系图线如图4所示。

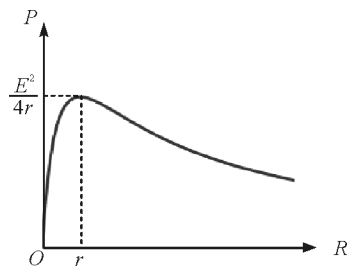


图4 电源输出功率随外电阻变化的关系图像

观察图线规律并结合情境电路图思考,作如下讨论:若电路中外电阻 $R_1 > R_2 > r$,则 $P_{R_2} > P_{R_1}$;若电路中外电阻 $R_1 < R_2 < r$,则 $P_{R_2} > P_{R_1}$;若 $R_1 < r < R_2$,则输出功率需要通过计算才能比较。

思考3:再观察上面的图线,同一输出功率值 P 可以有两个外电阻值与之相对应,设为 R_1, R_2 ,两电阻分别满足

$$P = \left(\frac{E}{R_1+r}\right)^2 R_1 \quad P = \left(\frac{E}{R_2+r}\right)^2 R_2$$

联立解得

$$R_1 R_2 = r^2 \text{ 或 } \sqrt{R_1 R_2} = r$$

4.3 非纯电阻电路中电源最大输出功率条件的寻找方法

若外电路为非纯电阻元件,由于上述推理过程中用到了欧姆定律,在此便不再适用,又该如何探讨最大输出功率的条件呢?

方法1:设电路中电流为 I ,则路端电压满足 $U = E - Ir$,于是电源输出功率为

$$P = I(E - Ir)$$

由二次函数规律可知:当满足 $I = \frac{E}{2r}$ 时电源输出功率最大,最大值为 $P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$.显然这一结果与

4.2思考2中的推理结果相同,即电源最大输出功率取决于电源自身而与外电路无关.

方法2:设电路中路端电压为 U ,则闭合电路总电流满足 $I = \frac{E - U}{r}$,于是电源输出功率为

$$P = U \frac{E - U}{r}$$

由二次函数相关规律可知:当满足 $U = \frac{1}{2}E$ 时电源输出功率最大,最大值为 $P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$.

4.4 对结论的进一步变式思考

物理教学过程中,教师利用不同形式的素材或实例创设情境,在保持事物本质特点不变的情形下,多角度、多层次地变化问题的非本质条件,突出事物的本质属性,这样可以让学生更加全面而深度地理解物理问题,这就是所谓的“变式教学”^[2].物理变式教学有助于学生澄清前概念并将之与新问题角度相结合形成科学概念、科学思维.

思考角度1:等效电源角度

如图5所示的电路中,当我们要分析外电阻 R 消耗的电功率时,可将电阻 R_0 等效为电源的内阻,即将虚线框中的电路部分视作为等效电源,则等效电源的内阻为 $r + R_0$.对于此电路中的可变电阻 R 消耗的最大功率为 $P_{\max} = \frac{E^2}{4(r + R_0)}$,此时 $R = r + R_0$.

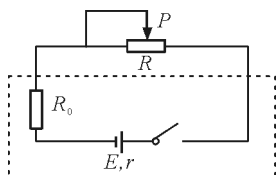


图5 等效电源思考角度图

思考角度2:等效电阻

如图6所示,理想变压器的原副线圈匝数分别为 n_1, n_2 ,原线圈接有电阻 r' ,副线圈 n_2 作为输出端接有可变电阻 R ,原线圈 n_1 作为输入端输入交流电压 u ,已知交流电源的电动势为 E ,内阻为 r .此电路中可将虚线框内部电路作为等效输出端,等效电阻阻值为(详见赵凯华老师的《电磁学》).

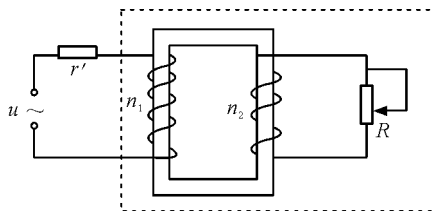


图6 等效电阻思考角度图

$$R' = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R$$

图6中外电路总电阻为 $r' + R'$,调节可变电阻 R ,当满足条件 $r' + R' = r$ 时交变电源的输出功率达到最大为

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4(r' + R')}$$

4.5 去情境化过程后对开篇中再情境化问题的处理

图2中的两个电源相同且均达到最大输出功率,区别之处是一个为纯电阻电路另一个为非纯电阻电路,于是,对于图2(a)电路可知:当满足 $R_1 + R_0 = r$ 即当 $R_1 = 2\ \Omega$ 时电源输出功率为最大 $P_{\max} = 12\ \text{W}$.对于图2(b)电路,电源输出功率也为 $12\ \text{W}$,此时电流与图2(a)电路中电流相等均为 $I = \frac{E}{2r} = 2\ \text{A}$,由能量守恒可知 $12\ \text{W} = 2\ \text{W} + I^2(R_2 + R'_0)$,解得 $R_2 = 1.5\ \Omega$.

5 结束语

“去情境化”的目的是使学生对于科学事实的认识从经验层面上升到理论层面,帮助学生脱离情境、超越情境,形成概括性知识,是科学知识、科学方法、科学思维进一步发展的过程,是有效教学的关键所在.

参考文献

- 1 吴喆,何善亮.物理教学的“情境化”“去情境化”与“再情境化”[J].物理教师,2017,38(11):21~25
- 2 阎金铎,郭玉英.中学物理新课程教学概论[M].北京:北京师范大学出版社,2018