

物理实践应用能力的评价设计

——以 2021 年无锡市物理中考第 27 题为例

顾炳峰 (无锡市华庄中学 江苏 214131)

许帮正 (无锡市教育科学研究院 江苏 214001)

摘 要 本文结合 2021 年无锡市物理中考试题第 27 小题的解析, 阐述实践应用能力评价的水平层次和技术路径。

关键词 实践应用 评价

文章编号 1002-0748(2021)12-0022

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

“从生活走向物理, 从物理走向社会”是物理课程的基本理念, “实践性”是物理课程的基本特征, 实践应用能力是物理学习的关键能力, 具体指学生运用物理知识解释现象和解决实际问题的过程, 并在这一过程中表现出来的相关能力, 包括“分析与解释”“思想与方法”“反思与评价”能力。

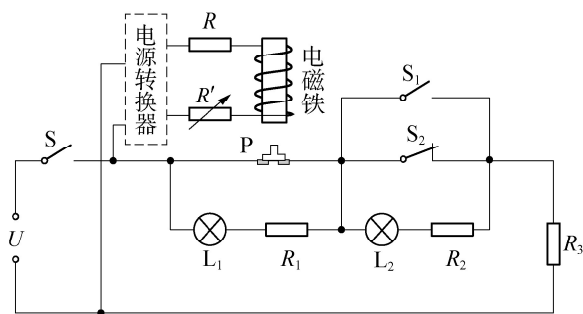
在物理学业水平测试中, 创设能够体现物理学科核心价值引领作用的问题情境, 科学评价学生的物理实践应用能力, 对促进物理课程核心素养的培育有着现实意义, 其中关键之处是需要明确评价的水平层次和技术路径。现以 2021 年无锡市物理中考试题第 27 题为例加以说明。

试题 图 1(a) 为某品牌电压力锅, 其电路原理图如图 1(b) 所示。电源转换器将 $U = 220\text{ V}$ 的电压转换为直流低电压 U' 。 R 是热敏电阻, 温度与锅内温度保持一致, 当温度为 100°C 时, R 的阻值为 $1700\ \Omega$, 温度每升高 1°C , 阻值减小 $80\ \Omega$ 。 R' 是可调电阻。电磁铁线圈电阻忽略不计。当电磁铁线圈中的电流达到 $0.02\ \text{A}$ 时, 衔铁 P 被吸起(开关断开), 此时锅内温度为 115°C ; 当电流减小到 $0.012\ \text{A}$ 时, 衔铁 P 被释放(开关重新接通), 此时锅内温度为 110°C 。 S 为电源开关; S_1 为定时器开关, 闭合后自动开始计时, 计时结束自动断开, 无外力不再闭合; S_2 为保温开关, 开始时处于闭合状态, 当锅内温度达到 80°C 时断开, 当锅内温度低于 60°C 时自动闭合。保压指示灯 L_1 、保温指示灯 L_2 阻值可忽略。 R_1 、 R_2 阻值均为 $110\ \text{k}\Omega$ 。 R_3 为加热盘, 额定电压为 $220\ \text{V}$, 电阻为 $48.4\ \Omega$ 。

某次煮饭时, 电压力锅内加入适量米和水, 盖好盖子, 闭合 S 、 S_1 , 电压力锅进入“加热”工作状态。 $6\ \text{min}$ 后灯 L_1 亮起, 电压力锅进入“保压”工作状态,



(a)



(b)

图 1

保压期间, 观察到灯 L_1 间歇发光; 再过一段时间, S_1 断开, 灯 L_2 亮起, 电压力锅进入“保温”工作状态。

(1) 电压力锅在“加热”工作状态时, 加热盘 R_3 消耗的电能为多少?

(2) 电压力锅进入“保温”工作状态后, 下列说法中错误的是_____。

- (A) 灯 L_1 、 L_2 间歇发光
- (B) 灯 L_1 会熄灭, 灯 L_2 间歇发光
- (C) 当锅内温度低于 60°C 时, R_3 正常工作
- (D) 当锅内温度达到 80°C 时, 通过 R_3 的电流小于 $0.002\ \text{A}$

(3) 为控制电压力锅在“保压”工作状态时, 锅内温度在 $110\sim 115^\circ\text{C}$, 可调电阻 R' 接入电路的阻值为多少?

试题情境来自于生活中真实的电压力锅煮饭过程,所设计的模拟电路源于真实的电压力锅电路,考查的知识点涵盖“电磁能”单元的“电路识别”“欧姆定律”“电功和电能”,并从以下层面对学生的“实践应用”能力进行了评价。

1 分析与解释能力的评价

分析与解释能力是指分析问题的能力和解释现象的能力。分析是要把现象、问题分解成若干部分,分别加以认识,便于最终找出各部分的本质属性和彼此之间的联系。借助分析能力,可以使问题从整体到局部,由难到易,由繁入简,然后由浅入深地解决问题。解释则是在阅读、观察的基础上进行思考,把握关键要素,构建物理模型,说明事物变化的原因、事物之间的联系或者事物的发展规律,从而对物理现象做出解释。

分析与解释能力的评价分为三个水平层次,详见表 1。

表 1

水平层次	问题情境	途径	结果
水平 1	简单	应用物理知识	初步解释简单物理现象和问题
水平 2	简单	构建简单的物理模型	正确解释简单物理现象和问题
水平 3	复杂	构建恰当的物理模型	正确解释复杂物理现象和问题

本题对学生的分析与解释能力的考查达到了水平 3 的层次,学生面对复杂的问题情境,要明确研究对象和物理过程,思路清晰,构建恰当的物理模型,最终才能准确解释物理现象。解题需经历分解、建模、解释三个阶段。

1.1 分解

学生通过审题可以发现电源转换器、热敏电阻 R 、可调电阻 R' 、电磁铁构成控制电路,控制衔铁 P 。保压指示灯 L_1 和 R_1 由衔铁 P 控制,决定是否保压;保温指示灯 L_2 和电阻 R_2 由定时器开关 S_1 和保温开关 S_2 控制,决定是否保温; R_3 为加热盘,它的功率决定电压力锅的状态。

1.2 建模

学生从情境中提取信息,可以初步建立如下的电路模型。

(1) 控制电路建模(电磁铁线圈电阻忽略不计)如图 2 所示,其中直流低电压 U' 和可调电阻 R' 未

知,已知热敏电阻 R 的阻值与温度的关系和控制电路中的电流 I 的大小。

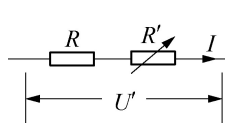


图 2 控制电路建模

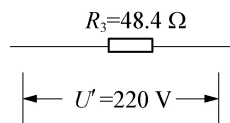


图 3 加热状态电路建模

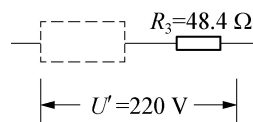


图 4 非加热状态电路建模

(2) 加热电路建模如图 3 所示。根据 $P = I^2 R$ 可知,在加热盘电阻 R_3 阻值一定的情况下,电路中电流最大,加热盘 R_3 的电功率最大,为加热状态。根据已知条件,可以算出加热功率为 $P_{\text{加热}} = I^2 R_3 = \frac{U^2}{R_3} = \frac{(220 \text{ V})^2}{48.4 \Omega} = 1000 \text{ W}$ 。

(3) 非加热状态电路建模如图 4 所示。由于电路中还有阻值均为 $110 \text{ k}\Omega$ 的 R_1 和 R_2 ,这两个电阻在非短路状态下是串联在电路中的,且电阻较大,会导致工作电路中电流变小,从而使加热盘 R_3 的电功率变小,保温状态就是其中一种情况。但由于初步审题还不能确定 R_1 和 R_2 的具体状态,所以只能初步构建简单的物理模型,达到水平二的层次。要构建恰当、准确的物理模型,还需要进一步分析和解释。

1.3 解释

由于非加热状态电路建模还是模糊的,所以还需要梳理逻辑关系,构建合理的电路模型。接下来就是建立各模型之间的关系,理清思路,进入解释环节。此情境中最需要解释的是保压状态和保温状态。学生通过审题发现:除去电路总开关 S 外,还剩下 3 个开关,分别是由电磁铁控制的保压开关衔铁 P 、定时器开关 S_1 和保温开关 S_2 ,其中定时器开关 S_1 和保温开关 S_2 共同影响保温状态,如图 5 所示。这 3 个开关的状态是判断电压力锅状态的关键。通过审题可以发现,除了定时开关 S_1 ,其余的两个开关与温度有着密切的关系,见表 2。

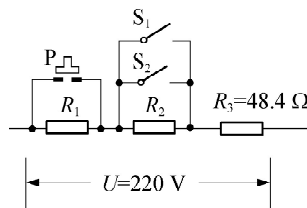


图 5

表 2

条件		结果
温度达到 115℃, 衔铁 P 被吸起		R_1 接入电路
温度降到 110℃, 衔铁 P 被释放		R_1 被短路
定时开始, S_1 闭合(无论 S_2 状态如何)		R_2 被短路
定时结束, S_1 断开	温度降至 60℃, S_2 闭合	
	温度升至 80℃, S_2 断开	R_2 接入电路

下面就要梳理电压力锅的工作流程。

(1) 加热。开关 S 闭合, 定时开关 S_1 闭合, R_2 被短路, 由于此时温度较低, 控制电路中热敏电阻阻值较大, 电流较小, 电磁铁磁性较弱, 衔铁 P 被释放, R_1 被短路, 此时工作电路中只有加热板 R_3 , 电流最大, R_3 电功率最大, 为加热状态, 电路模型如图 3 所示。

(2) 保压。由于定时还没结束, 开关 S_1 始终闭合, R_2 仍被短路, 当温度升到 115℃ 时(锅内产生足够的蒸汽, 已经达到压强设定值), 衔铁 P 被吸起, R_1 接入工作电路, 电流变小, 加热盘 R_3 电功率变小, 开始降温(蒸汽含量变少, 锅内气压降低)。当温度降到 110℃ (气压降到一定值时), 衔铁 P 被释放, R_1 被短路, 工作电路呈高温加热状态。当温度升到 115℃, 衔铁 P 再次被吸起……如此循环, 使锅内保持一定范围的高压、高温状态, 食物快速煮熟。保压原理如图 6 所示。

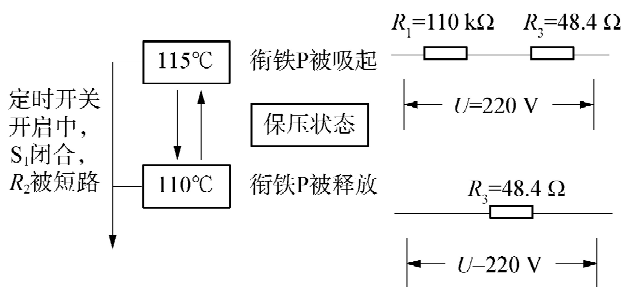


图 6

(3) 保温。计时结束, 定时开关 S_1 断开, 就意味着食物已经煮熟, 此时要进入保温状态。由于当时温度远高于 80℃, 保温开关 S_2 断开, R_2 接入电路, 若此时锅内温度还未降至 110℃, 则 R_1 仍接入电路, 此时 R_1 、 R_2 均接入电路, 电路中电流非常小, R_3 功率很小, 电压力锅迅速降温至 110℃, 此时衔铁 P 被释放, R_1 被短路, 留 R_2 接入电路, R_3 功率较小, 继续降温。当温度降至 60℃ 以下时, S_2 闭合, R_2 被短路, 此时加热盘 R_3 电功率最大, 开始加热升温, 当温度达到 80℃ 时, S_2 断开, R_2 接

入电路, R_3 电功率再次减小, 温度开始下降, 再降至 60℃ 时, 又开始升温, 如此循环, 原理如图 7 所示。

本阶段已经要求学生在复杂的问题情境中, 能明确研究对象和物理过程, 构建恰当的物理模型, 能对复杂的物理现象和实际问题作出正确解释, 思路清晰, 评价要求已达到分析和解释能力的最高层次。

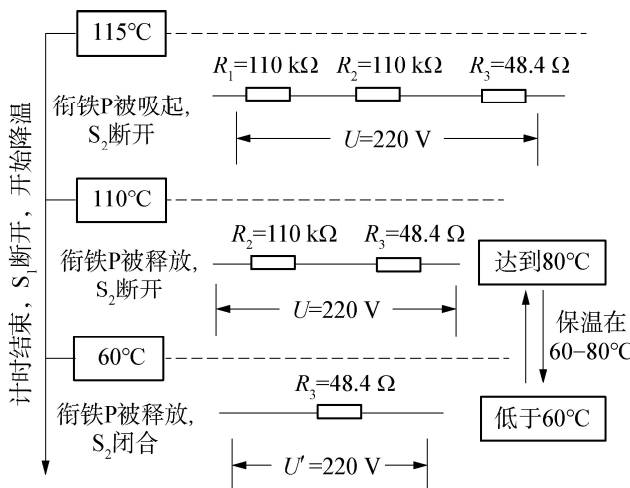


图 7

2 思想与方法能力的评价

思想与方法能力是指应用物理思想方法和数学方法的能力。学生在解决具体问题的过程中, 需要应用如控制变量法、转换法、理想实验法、函数方程等思想和方法, 这些思想和方法是对具体的措施、技能的本质认识, 是解决物理问题、明确思路的重要保障, 是获取物理知识、解决物理问题的研究方法和工具。

思想和方法能力的评价分为三个水平层次, 详见表 3。

表 3

水平层次	问题情境	途径	结果
水平 1	简单	运用物理方法和数学工具	解决简单情景问题
水平 2	一般	运用控制变量、转换、等效等物理方法和图象、方程等数学工具	明确思路, 初步解决问题; 简单处理信息, 得出初步结论
水平 3	复杂	灵活应用控制变量、转换、等效等物理方法和图象、方程等数学工具	优化思路, 解决问题; 处理信息, 得出结论

2.1 物理思想方法运用能力的评价

在电压力锅建模过程中需要运用多种物理方法,这充分评价了学生的物理方法运用能力。例如,通过热敏电阻 R 将温度变化转化为电路中电阻、电流变化,再引起电磁铁磁性强弱的变化,影响衔铁 P 的被吸引或被释放,影响工作电路状态。这评价了学生是否具备转换法思想。再如等效思想体现在定时器开关 S_1 和保温开关 S_2 在对 R_2 的控制上是等效的,任何一个开关的闭合都能使 R_2 短路。还有本题在分析过程中要用到控制变量的思想,在分析保压状态的时候,保温部分电路是没有变化的(R_2 始终被短路);在分析保温状态的时候,保压部分电路是不变的(R_1 始终被短路)。这避免了保压状态和保温状态电路的相互干扰,有利于学生在审题过程中理清思路,合理建模。由此可见,物理思想方法的运用能力影响学生的审题和建模。

2.2 数学方法运用能力的评价

数学是解决物理问题的重要工具。试题情境交代了热敏电阻 R 与温度的函数关系——“温度为 100°C 时, R 的阻值为 $1700\ \Omega$,温度每升高 1°C ,阻值减小 $80\ \Omega$ ”,即 $R = 1700 - 80(t - 100)$ 。学生要会运用此函数关系来计算各温度下热敏电阻 R 的阻值。例如, 110°C 时, $R = 900\ \Omega$; 115°C 时, $R = 500\ \Omega$ 。本题第 3 小题考查了学生运用方程组解题的能力。在如图 8 所示的控制电路中,当电流达到 $0.02\ \text{A}$ 时,此时锅内的温度为 115°C ,即 $R = 500\ \Omega$,则得到电源电压 $U' = 0.02\ \text{A}(500\ \Omega + R')$;电流减小到 $0.012\ \text{A}$ 时,此时锅内温度为 110°C ,即 $R = 900\ \Omega$,则可得到 $U' = 0.012\ \text{A}(900\ \Omega + R')$ 。解方程组,可得直流低电压 U' 为 $12\ \text{V}$,可调电阻 R' 接入电路的阻值为 $100\ \Omega$ 。

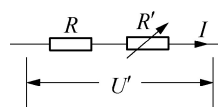


图 8

由此可见,试题评价了学生灵活运用物理方法和数学工具的能力,优化思路,解决问题,得出结论,达到了水平 3 的层次。

3 反思与评价能力的评价

反思与评价能力,从思维角度看,是指对自己或他人的思维结果进行检讨性再思考的行为能力。反思是评价的基础,是能力增长的动力。

反思与评价能力的评价分为三个水平层次,详见表 4。

表 4

水平层次	内容	要求	表现
水平 1	针对自己和他 人解决问题过 程中的思路、方 法和结果	某一方面分析和评价	简单分析和评价
水平 2		多方面分析和评价	有反思的意识
水平 3		科学理性分析,全面、客观评价	有反思的习惯

本试题的第 2 小题用选择题的形式对 4 个选项进行辨析,充分考查了反思与评价能力。各个选项展示的是他人解决问题的“结果”,辨析的过程能促使学生反思其过程和思路,形成评价并判断。选项 A、B、C 都可以从单方面正向判断。电压力锅进入保温状态后,温度在 $60\sim 80^\circ\text{C}$ 之间,热敏电阻 R 阻值较 110°C 时更大,所以控制电路电流更小,电磁铁磁性更弱,衔铁 P 被释放,则灯 L_1 和电阻 R_1 被短路,所以 L_1 始终不发光。故选项 A 的说法是错误的。保温状态下, S_1 是始终断开的,当温度达到 80°C 时, S_2 也断开,灯 L_2 和 R_2 串联接入电路, L_2 发光,发热板功率变小,开始降温。 S_2 在温度低于 60°C 时会闭合,灯 L_2 和 R_2 被短路,灯 L_2 不发光,发热板功率变大,开始升温。故 L_2 间歇发光,选项 B 的说法是正确的。低于 60°C 时工作电路中只有 R_3 接入, R_3 两端的电压就是 $220\ \text{V}$,正是它的额定电压, R_3 正常工作,所以选项 C 的说法是正确的。而选项 D“当锅内温度达到 80°C 时,通过 R_3 的电流小于 $0.002\ \text{A}$ ”,学生可以从两个方面进行分析。一方面,电压力锅在保温状态下温度达到 80°C 时,电路中电流应该是多少? 此时电路模型如图 9 所示,可以根据公式 $I = \frac{U}{R_2 + R_3}$ 计算出电流 I 的大小,但是发现计算比较复杂;另一方面,可以反思“ $0.002\ \text{A}$ ”是如何得出的? 分析电路可发现,“ $0.002\ \text{A}$ 的电流”应该是通过 $\frac{U}{R_2} = \frac{220\ \text{V}}{1.1 \times 10^5\ \Omega}$ 计算得出的,而实际总电阻为 $(R_2 + R_3)$,大于 R_2 ,所以电流小于 $0.002\ \text{A}$,D 选项的说法是正确的。通过两方面的反思,学生发现后者的计算更加方便,这正体现了反思与评价的科学性、合理性、全面性。

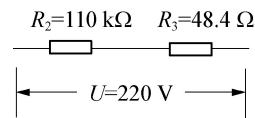


图 9

由此可见,试题以判断或选择的形式,有利于评价学生的反思和评价能力。本题要求考生能对他人和自己在解决问题过程中的思路、方法和结果进行科学合理、全面、客观的评价,也达到了水平 3 的层次。

(下转第 21 页)

你打算怎么面对?

生 1: 我肯定怀疑我的实验错了, 不断改进方案, 找出误差。

生 2: 我会猜测是不是理论有问题, 毕竟当时普朗克已经提出了量子假说了。

总结: 当时的爱因斯坦接受并发展了普朗克自己都惶恐的量子观点, 提出光子说, 从而成功解释了光电效应。

阅读教材, 学生根据实验结果、爱因斯坦的光子说解释光电效应现象并推导出光电效应方程。

2.3 以历史情境迁移知识, 促进思维深度参与

提出问题: 密立根在爱因斯坦提出光子假说和光电效应方程后, 决定用光电效应方程设计实验, 推翻爱因斯坦的理论。然而, 最终却证明了爱因斯坦是正确的。想想看, 密立根可以怎样设计实验?

学生讨论, 自由表达。

生: 根据爱因斯坦的光电效应方程: $E_{k_{\max}} = h\nu - W_0$ 。设计实验。用蓝光照射光电管, 查表得到对应金属的逸出功 W_0 , 计算出理论值 $E_{k_{\max}}$, 再测量出电子的最大初动能, 两者进行比较。

师: 怎么测量出电子的最大初动能呢?

生: 用刚才的电路, 把电源电压反向, 让电子减速, 调大反向电压, 直到电流表示数为零, 这时 $U_{\text{反}}e = E_{k_{\max}}$ 。

教师操作实验, 测出遏制电压大小, 计算出光电子的最大初动能。

提问: 当时密立根是不知道金属的逸出功大小的, 同学们有没有其他办法?

教师引导观察表达式中的变量和不变量。

生: 我们可以改变光的频率 ν , 测出不同入射光对应的 $E_{k_{\max}}$, 画出 $E_{k_{\max}} - \nu$ 图象, 计算出斜率 k , 再与普朗克常量对比。

教师呈现出密里根的测量思路, 与学生的思考一致。

(上接第 25 页)

4 结 语

实践能力是学生运用物理知识和数理方法来解释现象、解决问题的重要能力。对实践应用能力的训练和培养不仅体现了物理学学以致用的魅力, 还能提高学生的思维能力和思维品质。我们要充分发挥评价的导向功能, 同时用高质量的评价对教学提出高要求, 从而更有利于学生关键能力的提升和

3 构建深度学习课堂的教学思考

3.1 创设学习情境, 提高参与的深度

深度学习与浅层学习的“关键性区别”在于, 当学习者运用“深度学习方式时, 不仅能获得知识, 而且清楚知道在真实世界和实际情况中如何运用这些知识, 这样的知识会在学习者头脑中保持得更持久”。具体的情境能激发学生强烈的兴趣和参与欲望, 使得学生有更多的情感投入和深度的参与。在本节课中, 笔者创设了三个情境, 分别是“汽车大灯演示实验”“研究光电效应现象实验”以及“密立根证明光的粒子性的实验”, 并基于情境提出问题, 让学生在切身体验中思考问题、探寻理论。

3.2 坚持高阶思维目标导向, 提升认知的深度

深度学习课堂强调高阶思维的发展, 高阶思维指向分析、综合、质疑、评价、应用和创造的思维活动。笔者认为要发展学生的高阶思维, 可以从诱思、启思、反思三个环节设计课堂。诱思, 即思维引发阶段, 让学生站在科学家的视角, 把自己的发现, 演变为一个具体的、明确的问题, 这也是科学研究的第一个环节; 启思, 即思维的开启阶段, 在这个阶段, 要通过科学探究等有效手段, 制造认知冲突, 充分暴露学生的思维过程, 再围绕“看得见”的思维生成课堂, 构建知识; 反思, 即思维的评价与反思, 要引导学生从思维方法角度, 通过总结和提炼, 概括出解决问题的一般思维程序或典型的思维模式等。

参考文献

- [1] 郑东辉. 促进深度学习的课堂评价: 内涵与路径[J]. 课程教材教法, 2019(2): 59—65.
- [2] 田成良. 深度学习下单元教学的重点、难点与路径[J]. 物理教师, 2021(3): 14—17.
- [3] 吴永平. 关于深度学习的再认识[J]. 课程·教材·教法, 2019(2): 51—58.

核心素养的培育。

参考文献

- [1] 义务教育学科核心素养与关键能力研究项目组. 义务教育学科核心素养·关键能力 测评与教学(初中物理)[M]. 南京: 江苏凤凰科技出版社, 2018: 2—9.
- [2] 叶兵, 孙德生. 初中物理核心素养与关键能力的研究及测评实践[J]. 物理教学, 2017(12): 39—43.