

# 指向科学思维素养水平评价的路径研究

齐国元

(杭州第四中学 浙江 杭州 310018)

(收稿日期:2020-11-03)

**摘要:**对学生通过物理学科的学习所达到的物理学科核心素养水平进行科学的、可信的、精准的评价,能了解学生素养水平的习得情况,发现存在的问题并及时进行学习干预,进而促进学生素养水平的提升.以物理学科四大素养要素中的“科学思维”为例,从评价的指向、试题的命制和学生的分析三方面对科学思维素养水平评价的路径进行研究.

**关键词:**科学思维 水平评价 试题命制

“科学思维”是从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式;是基于经验事实建构物理模型的抽象概括过程;是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体运用;是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解的能力与品格.如果说物理观念是从认识结果角度对物理核心素养的描述,科学思维则是从认识方式和过程对学生关键能力和必备品格作出说明.“科学思维”主要包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素,它是学生物理核心素养习得的基础,学生只有

立足科学思维,经历科学探究,养成科学态度与责任,才能较好地形成物理观念.因此,对科学思维素养进行科学的、可信的、精准的评价有助于指导物理教学,进而促进学生物理核心素养的形成<sup>[1,2]</sup>.

## 1 研读课程标准 精准评价指向

课程标准附录1中有物理学科核心素养的水平划分依据,明确了各个素养不同的水平等级应该达到的要求,这给我们的评价提供了清晰的依据,有助于我们明确评价指向、精准评价尺度进而提高评价的科学性和有效性.

表1 物理学科核心素养的水平划分(科学思维)

水平划分	科学思维
水平1	能说出一些简单的物理模型;能对常见的物理现象进行简单分析;能区别观点和证据;知道质疑和创新的重要性
水平2	能在熟悉的问题情境中应用常见的物理模型;能对比较简单的物理现象进行分析和推理,获得结论;能使用简单和直接的证据表达自己的观点;具有质疑和创新的意识
水平3	能在熟悉的问题情境中根据需要选用恰当模型解决简单的物理问题;能对常见的物理现象进行分析和推理,获得结论并作出解释;能恰当使用证据表达自己的观点;能对已有的观点提出质疑,从不同的角度思考物理问题
水平4	能将实际问题中的对象和过程转换成物理模型;能对综合性物理问题进行分析和推理,获得结论并作出解释;能恰当使用证据证明物理结论;能对已有结论提出有依据的质疑,采用不同方式分析解决物理问题
水平5	能将较复杂的实际问题中的对象和过程转换成物理模型;能在新的情境中对综合性物理问题进行分析和推理,获得正确结论并作出解释;能考虑证据的可靠性,合理使用证据;能从多个视角审视检阅结论,解决物理问题具有一定的新颖性

在实施指向科学思维水平评价的研究时,首先应仔细阅读课程标准附录1中有关科学思维水平划分表(表1),体会水平划分表中评价指向;明确不同水平要求之间的区别和联系;理解不同素养水平等级之间的核心要义,我们发现课程标准附录1中有关科学思维水平划分表中的要求描述是把科学思维

中四大要素“模型构建、科学推理、科学论证、质疑创新”合在一起,不利于我们对素养要求进行精准的解读<sup>[3]</sup>.因此,我们需要对课程标准中有关科学思维水平划分进行再分类以实现明确评价指向,对水平划分进行再加工以实现提升评价信度,具体内容如表2所示.

表2 物理学科核心素养的水平划分再加工(科学思维)

水平划分	科学思维			
	模型建构	科学推理	科学论证	质疑创新
水平1	能说出一些简单的物理模型	能对常见的物理现象进行简单分析	能区别观点和证据	知道质疑和创新的重要性
水平2	能在熟悉的问题情境中应用常见的物理模型	能对比较简单的物理现象进行分析和推理,获得结论	能使用简单和直接的证据表达自己的观点	具有质疑和创新的意识
水平3	能在熟悉的问题情境中根据需要选用恰当的模型解决简单的物理问题	能对常见的物理现象进行分析和推理,获得结论并作出解释	能恰当使用证据表达自己的观点	能对已有观点提出质疑,从不同角度思考物理问题
水平4	能将实际问题中的对象和过程转换成物理模型	能对综合性物理问题进行分析和推理,获得结论并作出解释	能恰当使用证据证明物理结论	能对已有结论提出有依据的质疑,采用不同方式分析解决物理问题
水平5	能将较复杂的实际问题中的对象和过程转换成物理模型	能在新情境中对综合性物理问题进行分析和推理,获得正确结论并作出解释	能考虑证据的可靠性,合理使用证据	能从多个视角审视检验结论,解决物理问题具有一定的新颖性

通过对课程标准中的素养水平划分的再加工和解读,形成表2的科学思维的素养水平划分表.仔细研读素养水平划分表,体会不同等级之间的核心差别(表2中加着重号的关键词),结合学生在问题解决时的操作流程和步骤,有助于我们精准评价的指向以及评价的水平等级.以2019年高考理综全国卷Ⅲ第21题为例.

**【例1】**如图1所示,电荷量分别为 $q$ 和 $-q$ ( $q > 0$ )的点电荷固定在正方体的两个顶点上, $a$ 和 $b$ 是正方体的另外两个顶点.则( )

- A.  $a$ 点和 $b$ 点的电势相等
- B.  $a$ 点和 $b$ 点的电场强度大小相等
- C.  $a$ 点和 $b$ 点的电场强度方向相同
- D. 将负电荷从 $a$ 点移到 $b$ 点,电势能增加

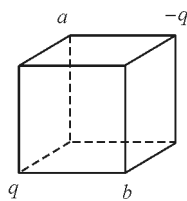
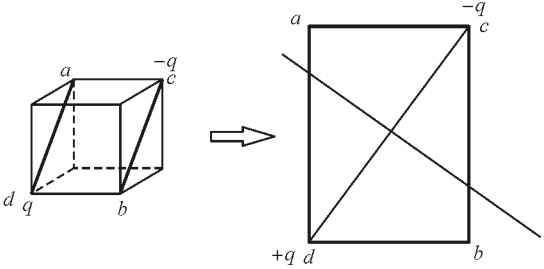


图1 例1题图

为了提高评价的精准度,用于素养水平评价的试题尽可能指向单一维度.但是,在实际操作中一道测试题的求解往往与多个素养要素相对应,即便是同一素养要素所对应的素养水平等级也不相同,在这种情况下,应该以更高的素养水平作为该评价试题的评价指向<sup>[4]</sup>.

表3为例1的解题过程及其对应的核心素养水平等级.

表3 例1的解题过程及其对应的核心素养水平等级

题目求解过程	素养要素	素养类型	学业质量
 <p>步骤一:将立体模型转化为熟悉的等量异种电荷模型(平面模型)</p>	能将实际问题中的对象和过程转换成所学的物理模型	科学思维 (模型建构)	水平4
<p>步骤二:利用熟悉的等量异种电荷的电场线特点,分析电势、电场强度、电势能等物理量.</p> <p>可以判断:<math>\varphi_b &gt; \varphi_a</math>,选项A错误.</p> <p>由电场分布的对称性可知,选项B,C正确.</p> <p>根据<math>E_p = q\varphi</math>(带入正负号),可知电势能减小,选项D错误</p>	能对综合性(知识与方法综合)物理问题进行分析和推理,获得结论并作出解释	科学思维 (科学推理)	水平4

## 2 设计评价路径 统一命题范式

为了让指向科学思维素养的评价更加具有可操作性和广泛的普适性,我们在实践过程中设计了评价的路径以便统一命题范式,以提升素养水平评价的准度、信度和效度.基于科学思维包含模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新4个方面,为了评价尽可能全面地覆盖上述4个方面,并结合学生在问题解决时的4个要素的流程顺序,设计了如图2所示的评价流程图.

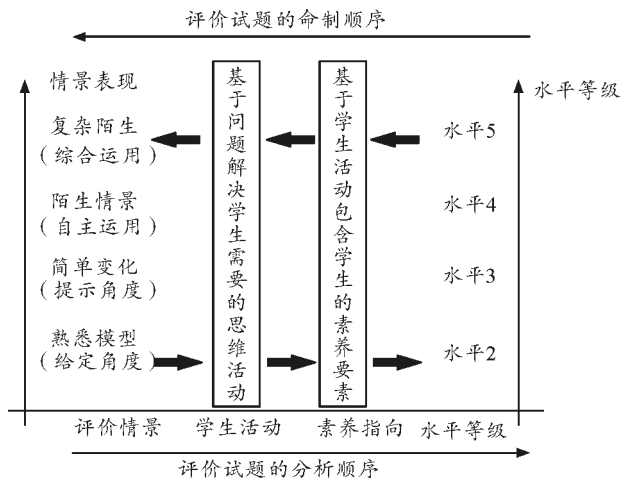


图2 指向科学思维水平评价的操作流程

该图包含了模型建构、科学推理、科学论证、质

疑创新4个要素,并且还包含了教师命题评价试题的顺序和教师分析评价试题的分析顺序.我们的评价试题命题完全按照这一路径实施,命题教师对试题评价的解读也是遵循这一研究路径.在此基础上又细化为评价试题的命题流程图(图3)和评价试题的分析流程表(表4),具体操作如例2所示.

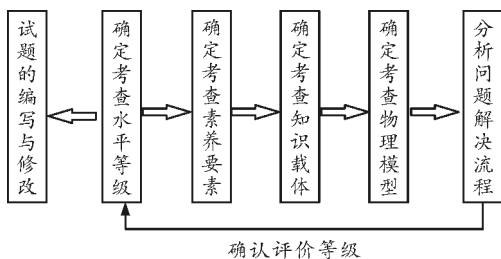


图3 评价试题命题的流程

表4 评价试题的分析流程表

题目求解过程	素养要素	素养类型	学业质量

### 【例2】评价试题的命题案例.

步骤一:填写评价试题水平指向表(图4).

步骤二:罗列考查知识载体.

(1)考查学生无阻力“稳定转动”情景中建构受力模型分析(理想模型分析).

(2) 考查学生有阻力“稳定转动”情景中建构能量模型分析(实际模型分析).

(3) 考查学生对“电磁驱动”和“电磁阻尼”模型的本质理解.

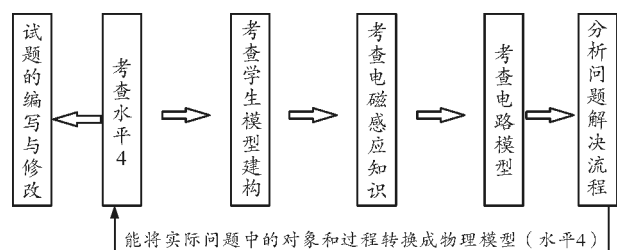


图4 评价试题水平指向表

### 步骤三: 试题编写与修改

**【试题】**有电阻的导电圆盘半径为  $r$ , 其边缘用电阻不计的导电材料包裹, 可绕固定点  $O$  在水平面内转动, 不计轴心  $O$  和边缘处电刷  $A$  在转动时产生的阻力. 用导线将电动势为  $E$  的电源、导电圆盘、电阻和开关连接成闭合回路. 如图5所示在圆盘所在区域内充满竖直向下的匀强磁场, 如图6所示只在  $A$  和  $O$  之间的一块圆形区域内存在竖直向下的匀强磁场, 两图中磁场的磁感应强度大小均为  $B$ , 且磁场区域固定. 如果将开关  $S$  闭合, 圆盘将会转动起来. (空气阻力忽略不计)

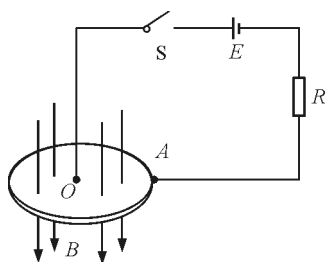


图5 圆盘所在区域内存在匀强磁场

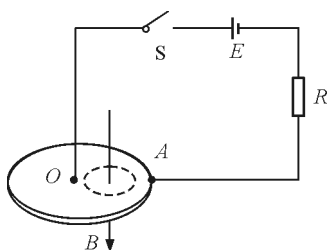


图6 圆盘只有圆形区域内存在匀强磁场

(1) 在图5中, 将开关  $S$  闭合足够长时间后, 圆盘转速达到稳定, 求稳定时圆盘转动的角速度  $\omega_1$  的大小.

(2) 若边缘处电刷  $A$  与边缘的摩擦力为  $f$ , 其余条件不变, 在图5中, 将开关  $S$  闭合足够长时间后, 圆盘转速达到稳定, 求流经电阻的电流.

(3) 由于图5中的磁场范围比图6中的大, 所以刚闭合开关瞬时, 图5中圆盘比图6中圆盘加速得快. 有人认为: 断开开关后, 图5中圆盘也将比图6中圆盘减速得快. 请分析说明这样的想法是否正确.

## 3 关注评价过程 提升评价信度

### 3.1 注重问题解决过程 避免“因错得对”

学业水平评价的对象是学生, 在设计指向科学思维评价的试题时, 必须要结合学生的心理, 以提升试题评价的信度. 不同的学生由于其生活经历、知识储备、学习方式各不相同, 因此, 学生在问题解决时采取的方式也各不相同. 在试题命制过程中, 应当针对学生可能出现的“因错得对”的地方做好相应的防备和回避. 如例3.

**【例3】**在“探究导体电阻与其影响因素的关系”实验中, 有两节新的干电池、开关、若干导线和待测金属管(其阻值约为  $5 \Omega$ ) 及下列器材:

- A. 电压表  $0 \sim 3 \text{ V}$ , 内阻约  $10 \text{ k}\Omega$
- B. 电压表  $0 \sim 15 \text{ V}$ , 内阻约  $50 \text{ k}\Omega$
- C. 电流表  $0 \sim 0.6 \text{ A}$ , 内阻约  $0.05 \Omega$
- D. 电流表  $0 \sim 3 \text{ A}$ , 内阻约  $0.01 \Omega$
- E. 滑动变阻器,  $0 \sim 10 \Omega$
- F. 滑动变阻器,  $0 \sim 100 \Omega$

(1) 要求较准确地测出其阻值, 电压表应选\_\_\_\_\_, 电流表应选\_\_\_\_\_, 滑动变阻器应选\_\_\_\_\_。(填序号)

(2) 实验中某学生的实物接线如图7所示, 请指出接线中的两处明显错误.

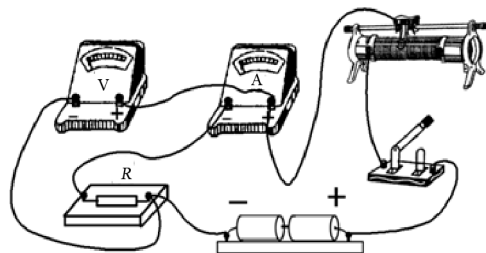


图7 学生的实物接线图

错误 1: \_\_\_\_\_.

错误 2: \_\_\_\_\_.

**学生解题心理:**通过与学生对话发现,有关滑动变阻器的选择,尽管大家都选择“E. 滑动变阻器,  $0 \sim 10 \Omega$ ”,但却有着不同的解题心理. 学生甲:好像每次选择滑动变阻器都是选小量程的,所以选 E; 学生乙:由于第二题中(电路实物图)是限流接法,待测电阻约为  $5 \Omega$ ,一般情况下限流接法滑动变阻器应为待测电阻两倍左右,故选 E.

**命题指向分析:**本题命题者的意图指向是指向科学论证水平 4“能恰当使用证据证明物理结论”,问题解决的思考路径应为,“由于待测电阻阻值约为  $5 \Omega$ ,因此无论选择分压接法还是限流接法,都不应该选择 F(滑动变阻器,  $0 \sim 100 \Omega$ ),只能选择 E(滑动变阻器,  $0 \sim 10 \Omega$ ),因为滑动变阻器,  $0 \sim 10 \Omega$  约为待测电阻的 2 倍,故选择限流接法较好”,甲乙两位学生没有经历上述思考路径,但均得到了正确答案,降低了评价的信度.

**修改评价试题:**针对上述问题,笔者对试题进行了修改,建议修改为,在“探究导体电阻与其影响因素的关系”实验中,有两节新的干电池、开关、若干导线和待测金属管(其阻值约为  $5 \Omega$ )及下列器材:

- A. 电压表  $0 \sim 3 \text{ V}$ , 内阻约  $10 \text{ k}\Omega$
- B. 电压表  $0 \sim 15 \text{ V}$ , 内阻约  $50 \text{ k}\Omega$
- C. 电流表  $0 \sim 0.6 \text{ A}$ , 内阻约  $0.05 \Omega$
- D. 电流表  $0 \sim 3 \text{ A}$ , 内阻约  $0.01 \Omega$
- E. 滑动变阻器,  $0 \sim 10 \Omega$
- F. 滑动变阻器,  $0 \sim 100 \Omega$

(1) 结合给你的实验器材,设计测量电路图(要求较准确地测出其阻值).

(2) 第一小问中电压表应选\_\_\_\_\_, 电流表应选\_\_\_\_\_, 滑动变阻器应选\_\_\_\_\_. (填序号)

### 3.2 细化赋分(评分)标准进行多级赋分

为了提高评价的信度,评分标准应该依据水平等级来制定,并进行多级赋分,而不是根据学生作答的正确与否. 如例 4.

**【例 4】**带电体表面突出的地方电荷容易密集,雷雨天气带电云层靠近高大建筑物时,由于静电感

应,建筑物顶端会聚集大量的电荷,避雷针将电荷通过一根竖直导线导入大地而避免雷击. 你若想知道竖直导线中电流的方向,进而判断云层所带电荷的电性,请设计安全可行的方法.

**评价意图分析:**该评价试题是评价学生的质疑创新素养,评价水平达到水平 4“能对已有结论提出有依据的质疑,采用不同方式分析解决物理问题”.

#### 评分标准设计:

第一类,不会运用已知知识作答.

第二类,原理可行,但方法不可行(如接电流表).

第三类,正确作答,原理以及方法均可行,如在导线周围水平放置小磁针,观察小磁针转向;又如,与导线平行放置通电直导体棒(已知电流方向),观察导体棒的运动(吸引还是排斥).

对评分标准进行分级分档,不仅能减小阅卷教师判卷失误的主观性和偶然性,还能更好地分析学生的作答情况,进而研究学生素养水平情况,以便教师基于学生学情进行有针对性的课堂教学,从而提升课堂教学的效度,有效促进学生物理核心素养的培育.

对物理核心素养水平的评价是为了对学生物理核心素养的习得情况进行反馈,进而针对反馈情况采取适应的教学措施,以提升学生的物理核心素养水平. 试题的效度、准度和信度直接影响反馈的科学性,进而影响教学的有效性. 指向物理核心素养水平评价的试题命制过程中要以物理学科核心素养为基础,提升评价的效度;要明晰核心素养的水平划分,提升评价的准度;要了解学生的解题心理,提升评价的信度.

#### 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(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018
- 2 廖伯琴. 普通高中物理课程标准(2017年版)解读[M]. 北京:高等教育出版社,2018
- 3 郭玉英,姚建欣,张玉峰. 基于学生核心素养的物理学科能力研究[M]. 北京:北京师范大学出版社,2017
- 4 梁旭. 如何确定素养目标和素养水平[J]. 物理教师, 2018(12):2~5,9