

物理实验室

# 学生科学探究素养评价细则及样例

张国平 (安吉县高级中学 浙江 313300)

**摘要** 以《普通高中物理课程标准》中核心素养水平的划分为依据,从教学实践的角度出发将科学探究素养水平的划分进一步细化,分别给出问题要素、证据要素、解释要素和交流要素的水平表现及评价等第,并以“测电源电动势和内电阻”实验为样例展开教学实践分析。同时尝试制作了科学探究四大要素的水平评定量化表,使得实验教学评价过程更具可操作性。

**关键词** 科学探究素养 评价细则 样例 量化表

**文章编号** 1002-0748(2021)9-0026

**中图分类号** G633·7

**文献标识码** B

根据《普通高中物理课程标准》中物理学科核心素养的水平划分,笔者尝试对科学探究素养各要素的水平要求进行细化,并以“测电源电动势和内电阻”实验为样例进行分析,希望有助于教学实践过程中对学生科学探究素养的辨析和评定。

## 1 问题要素

《普通高中物理课程标准》中对问题要素给出了5个水平等地表述。水平1:具有问题意识;水平2:能观察物理现象,提出物理问题;水平3:能分析物

理现象,提出可探究的物理问题,作出初步的假设;水平4:能分析相关事实或结论,提出并准确表述可探究的物理问题,作出有依据的假设;水平5:能面对真实情境,从不同角度提出并准确表述可探究的物理问题、作出科学假设。问题要素的评价难以纸笔的方式进行评价,需要在教学过程中多创设一些过程性的评价。具体评价可细分为提出问题和做出假设两个方面,评价细则和样例可见表1所示。

表1

科学探究素养问题要素评价细则				
评价项目	评价类别	评价内容		水平等第
问题	提出问题	能提出问题		水平1
		能从物理的角度提出与实验有关的问题		水平2
		所提出的问题具有可探究性		水平3
	作出假设	根据探究的问题作出假设		水平4
		针对探究的多个问题作出系列假设		水平5
科学探究素养评价样例“测电源电动势和内电阻”				
情境	学习要求	学生行为(提出问题)	评价类别	水平等第
实验现象:两节干电池分别对同样的小灯泡供电,小灯泡亮度不同	观察现象提出问题、提出猜想或假设	两节干电池的型号是不同的吗?	提出问题	水平1
		两节干电池的电动势和内电阻是不是不同?		水平2
		如何测量干电池的电动势和内电阻?		水平3

为了能够更简洁明了的对学生的问题要素做出评价,尝试以“问题性、物理性、可探究性”三个要素

进行量化评价,具体如表2所示。

表 2

问题	水平 1	水平 2	水平 3	依据
				问题性(主动/被动)+物理性(物理/生活)+可探究性(清晰/模糊)
两节干电池的型号是不同的吗?	√			主动+生活+模糊
两节干电池的电动势和内电阻是不是不同?		√		主动+物理+模糊
如何测量干电池的电动势和内电阻?			√	主动+物理+清晰

## 2 证据要素

《普通高中物理课程标准》中对证据要素也给出了 5 个水平等地表述。水平 1:能在他人指导下使用简单的器材收集数据;水平 2:能根据已有的科学探究方案,使用基本的器材获得数据;水平 3:能在他人帮助下制订科学探究方案,使用基本的器材获

得数据;水平 4:能制订科学探究方案,选用合适的器材获得数据;水平 5:能制订有一定新意的科学探究方案,灵活选用合适的器材获得数据。证据要素的评价涉及实验原理理解、方案设计、器材选择、实验操作等多个环节,为此将证据要素评价细分为设计方案和获取数据两个方面,评价细则和样例见表 3 所示。

表 3

评价项目	评价类别	评价内容	水平等第	
证据	设计方案	在已给定器材的情况下设计方案	水平 1	
		在别人设计的基础上进一步完善方案	水平 2	
		给定实验步骤情况下进行正确整理排序	水平 3	
		能独立设计实验方案	水平 4	
		能独立设计有新意的实验方案	水平 5	
	获取数据	按照要求(如根据规定的有效位数)用简单的器材获取数据	水平 1	
		使用简单的器材获取数据	水平 2	
		选用基本的器材获取数据	水平 3	
		选用合适的器材获取数据	水平 4	
		通过改装、转换器材获得数据	水平 5	
科学探究素养评价样例“测电源电动势和内电阻”				
情境	学习要求	学生行为	评价类别	水平等第
明确实验目的、给定一些实验器材	设计论证实验方案,选择器材,连接电路,测量数据	能够理解伏安法测电源电动势和内阻的实验原理	设计 方案	水平 1
		能根据电路图和实验器材连接实物图		水平 2
		能根据打乱的实验步骤重新排列顺序		水平 3
		能够根据实验目的设计伏安法的测量方案		水平 4
		能设计伏阻法、安阻法等其他测量方案,能够设计对水果电池、太阳能电池等的测量方案		水平 5
		读取电压表、电流表的读数,同时有估读位的数据结果	获取 数据	水平 3
		选取合适量程的电压表和电流表进行实验并正确读取数据		水平 4
		选取合适量程的电压表或电流表,利用电阻箱进行电表改装并读取数据		水平 5

为了能够更简洁明了地对学生的证据要素做出评价,尝试对设计方案以“独立性、新意性”两个要素组合进行量化评价,尝试对获取数据以“原理、熟悉

度、读数”三个要素组合进行量化评价,具体如表 4 所示,可供参考。

表 4

科学探究素养评价样例“测电源电动势和内电阻”设计方案要素评定量化表						
设计方案		水平 3	水平 4	水平 5	依据 独立性(有帮助/独立完成)+新意性(书本方案/拓展方案)	
能根据电路图和实验器材连接实物图;根据打乱的实验步骤重新排列顺序		√			帮助+书案	
根据实验目的设计伏安法的测量方案			√		独立+书案	
设计伏阻法、安阻法等其他测量方案,能够设计对水果电池、太阳能电池的测量方案				√	独立+拓展	
科学探究素养评价样例“测电源电动势和内电阻”获取数据要素评定量化表						
获取数据	分类	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	依据 原理(简单/复杂)+熟悉度(常见/不常见)+读数(简单估读/复杂估读)
电阻箱	0—9999 Ω		√			不简单+常见+不估读
电压表	0.1 V(3 V)		√			简单+常见+简单估读
	0.05 V(15 V)			√		简单+常见+复杂估读
电流表	0.02 A(0.6 A)			√		简单+常见+复杂估读
	0.1 A(3 A)		√			简单+常见+简单估读
说明	如果零刻度还需要自己校对,增加一档难度					

### 3 解释要素

《普通高中物理课程标准》中对解释要素也给出了 5 个水平地表述。水平 1:能对数据进行初步整理;水平 2:能对数据进行整理,得到初步结论;水平 3:能分析数据,发现特点,形成结论,尝试用已有的物理知识进行解释;水平 4:能分析发现其中规律,形成合理的结论,用已有的物理知识进行解释;水平 5:能用多种方法分析数据,发现规律,形成合

理的结论。用已有的物理知识进行科学解释。“解释”需要将原有知识结构与实验数据的处理结合起来。对解释要素的培养不仅仅是关注对数据进行作图处理获得简单结论,更应创造条件让学生分析数据、发现特点、形成结论,并尝试用已有的物理知识进行解释。对解释要素的评价也相应地要将对数据处理和物理知识解释的评价相结合,所以在此将解释要素的评价细分为数据处理和数据解释两个方面,评价细则和样例见表 5 所示。

表 5

科学探究素养解释要素评价细则					
评价项目	评价类别	评价内容		水平等第	
解释	数据处理	对数据进行初步整理		水平 1	
		对数据进行整理,得到初步结论		水平 2	
		分析数据,发现特点,形成结论		水平 3	
		分析发现其中规律,形成合理的结论		水平 4	
		用多种方法分析数据,发现规律,形成合理的结论		水平 5	
	数据解释	尝试用已有的物理知识进行解释获得的结论(或得到图线)		水平 3	
		用已有的物理知识解释得到的结论(或得到图线)		水平 4	
		用已有的物理知识进行科学解释得到的结论(或得到图线)		水平 5	
情境	学习要求	学生行为	评价类别	水平等第	
实验得到的数据	用合理的方法处理数据并得到规律,用已有的物理知识进行解释	能够按顺序记录各组 $U$ 、 $I$ 数据		数据处理	水平 1
		能够建立 $U-I$ 坐标图并描点画图			水平 2
		建立 $U-I$ 坐标图并描点,根据描点的特点拟合直线或曲线			水平 3
		结合闭合电路欧姆定律拟合一直线			水平 4

续 表

情境	学习要求	学生行为	评价类别	水平等第
		能够针对不同的方案,正确画出合理的图线	数据解释	水平 5
		能够尝试用闭合电路欧姆定律解释得到图线的特点		水平 3
		明确各物理量的物理意义,根据闭合电路欧姆定律解释描点画出的图线是一条直线,能够解释斜率、截距等的物理意义		水平 4
		能够根据闭合电路欧姆定律解释实验中测量量间的物理关系,解释不同方法得到的图象的物理意义,能够解释存在误差的原因及对应图象中的反映		水平 5

为了能够更简洁明了地对学生的解释要素做出评价,尝试对数据处理以“数据记录、数据分析、多种方法”三个要素组合进行量化评价,尝试对数据解释以“原有知识、解释”两个要素组合进行量化评价,具体如表 6 和表 7 所示,可供参考。

表 6

科学探究素养评价样例《测电源电动势和内电阻》数据处理要素评定量化表						
数据处理	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	依据 数据记录(随意/规范)+数据分析(经验/科学)+多种方法(单一/多角度)
实验时简单记录实验数据	√					记录(随意)
列表格分列物理量记录实验数据		√				记录(规范)
列表记录数据的基础上,建立 $U-I$ 坐标图,描点并拟合曲线或直线			√			记录(规范)+数据分析(经验)
列表记录数据的基础上,建立 $U-I$ 坐标图,描点,结合闭合电路欧姆定律拟合直线				√		记录(规范)+数据分析(科学)+单一分析
能根据闭合电路欧姆定律构建不同物理量间的关系,列表记录数据,描点、作出正确的图线					√	记录(规范)+数据分析(科学)+多角度分析

表 7

科学探究素养评价样例《测电源电动势和内电阻》数据解释要素评定量化表				
数据解释	水平 3	水平 4	水平 5	依据 尝试运用原有知识(匹配/不匹配)+解释(简单基本/科学全面)
能列出闭合电路欧姆定律方程,能够尝试用闭合电路欧姆定律解释得到的图线的特点	√			原理(匹配)
明确各物理量的物理意义,根据闭合电路欧姆定律解释描点画出的图线是一条直线,能够解释斜率、截距等的物理意义		√		原理(匹配)+解释(简单基本)
能够根据闭合电路欧姆定律解释实验中测量量间的物理关系,解释不同方法得到的图象的物理意义,能够解释存在误差的原因及对应图象中的反映			√	原理(匹配)+解释(科学全面)

#### 4 交流要素

《普通高中物理课程标准》中对交流要素也给出了 5 个水平等地表述。水平 1:具有与他人交流成果、讨论问题的意识;水平 2:能撰写简单的报告,陈述科学探究过程和结果;水平 3:能撰写实验报告,用学过的物理术语、图表等交流科学探究过程和结果;水平 4:能撰写完整的实验报告,对科学探究过

程和结果进行交流反思;水平 5:能撰写完整规范的科学探究报告,交流、反思科学探究过程和结果。较高水平交流素养的表现是能完成完整的实验报告并能进行深入的交流和反思,而这样的表现需要经历深入规范的探究过程才能形成。从撰写报告这个要素出发能够较全面地对解释要素进行评价,具体评价细则和样例见表 8 所示。

表 8

科学探究素养交流要素评价细则					
评价项目	评价类别	评价内容		水平等第	
交流	撰写报告 交流反思	具有与他人交流实验过程和成果的意识		水平 1	
		能简单陈述实验过程和结果		水平 2	
		能用物理术语、图表等表达实验过程和结果		水平 3	
		能完整的表达实验过程和结果,并对误差原因和优化方案进行思考		水平 4	
		能完整规范的表达实验过程和结果,并对误差原因和优化方案进行思考,拓展新的实验方案		水平 5	
情境	学习要求	学生行为		评价类别	水平等第
“回顾”实 验过程	撰写实验 报告,反 思交流实 验心得	能够交流实验心得		撰写报告 交流反思	水平 1
		能够展示实验数据,能够简单陈述实验过程,简单说明实验数据的特点,展示结论			水平 2
		完成实验报告,能够根据自己的实验展示实验电路设计图、能用表格形式记录测量数据、能建立 $U-I$ 坐标图描点并拟合直线,根据闭合电路欧姆定律和图线展示 $E, r$ 的测量结论			水平 3
		按实验目的、实验原理、实验电路、器材选择、实验步骤、图表记录数据、用 $U-I$ 图处理数据并得出实验结论等内容完成实验报告并展示交流。反思和交流实验设计、实验操作中的误差原因,反思实验过程的不足,反思如何改进			水平 4
		能完整的在实验报告中展示各个实验环节和内容,能用图表规范记录数据、清晰准确地描绘 $U-I$ 图线,并得出实验结论。反思和交流实验设计、实验操作中的误差原因,反思实验过程的不足,反思如何改进。拓展安阻法、伏阻法等方法的测量方案,拓展水果电池、太阳能电池等其他电池的测量方案			水平 5

为了能够更简洁明了地对学生的交流要素做出 进行量化评价,具体如表 9 所示,可供参考。评价,尝试对撰写报告以“陈述、报告”两个要素组合

表 9

科学探究素养评价样例《测电源电动势和内电阻》交流要素评定量化表						
撰写报告 交流反思	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	依据 陈述(生活语言/物理术语)+ 报告(完整/规范、有拓展)
能够展示实验数据,能够简单陈述实验过程,简单说明实验数据的特点,展示结论		√				陈述(生活语言)
完成实验报告,能够根据自己的实验展示实验电路设计图、能用表格形式记录测量数据、能建 $U-I$ 坐标图描点并拟合直线,根据闭合电路欧姆定律和图线展示 $E, r$ 的测量结论			√			陈述(物理术语)
按实验目的、实验原理、实验电路、器材选择、实验步骤、图表记录数据、用 $U-I$ 图处理数据并得出实验结论等内容完成实验报告并展示交流。反思和交流实验设计、实验操作中的误差原因,反思实验过程的不足,反思如何改进				√		陈述(物理术语)+报告(完整)
能完整的在实验报告中展示各个实验环节和内容,能用图表规范记录数据、清晰准确地描绘 $U-I$ 图线,并得出实验结论。反思和交流实验设计、实验操作中的误差原因,反思实验过程的不足,反思如何改进。拓展安阻法、伏阻法等方法的测量方案,拓展水果电池、太阳能电池等其他电池的测量方案					√	陈述(物理术语)+报告(完整规范有拓展)

## 参考文献

- [1] 教育部. 普通高中物理课程标准[M]. 北京:人民教育出版社,2018.  
[2] 梁旭. 普通高中物理新课程案例研究[M]. 杭州:浙江教育出版社,2010.

- [3] 陈彬,李铁. 新课程标准中学生必做实验的评价方案的探索与实践[J]. 物理教学,2021(1):33—36.  
[4] 梁旭. 科学探究不同要素试题的特点及教学的启示[J]. 物理教学,2021(2):80—86.