

科学探究中“分析与论证能力”评价要素的探讨

高岱亮

(济南高新区第一中学 山东 济南 250104)

(收稿日期:2016-09-07)

摘要:以“分析与论证”在科学探究中占有的地位为基础,探讨了“分析与论证能力”的评价要素以及表现品质,最后梳理了不同评价要素之间的关系,为一线教师及教育研究者的深入研究提供了理论基础。

关键词:分析与论证能力 科学探究 评价要素 表现品质

1 “分析与论证”在科学探究中的地位

“分析与论证”是指科学探究过程中,在获得实验证据的基础上将探究结果与自己原有的知识联系起来,运用分析、综合、归纳、演绎的科学研究方法,找到事件的因果解释,形成超越学生原有知识和当前观察结果的新的理解。

《普通高中物理课程标准(实验)》提出了科学探究7个要素:提出问题、猜想与假设、制定计划与设计实验、进行实验与收集证据、分析与论证、评估、交流与合作^[1]。“分析与论证”在科学探究中占有举足轻重的地位。对实验收集的证据进行处理分析,得出结论,能够有效地解答“提出的问题”并验证“猜想与假设”的质量,同时为“评估”实验的整体效果,进行小组交流合作奠定基础。因此,“分析与论证”与科学探究中的其他要素有着密不可分的关系,如表1所示。

表1 “分析与论证”与科学探究中其他要素的关系

| 科学探究要素 | 分析与论证 |
|-----------|--------------------------|
| 提出问题 | 对实验证据分析与论证后,能够发现新的探究问题 |
| 猜想与假设 | 对实验证据的分析论证是验证猜想与假设的必备条件 |
| 制定计划与设计实验 | 不同的实验设计,对实验数据进行分析论证的方向不同 |

续表

| 科学探究要素 | 分析与论证 |
|-----------|----------------------------|
| 进行实验与收集证据 | 分析论证实验数据是收集证据的目的 |
| 评估 | 对实验数据分析与论证的程度,决定了实验整体效果的评估 |
| 交流与合作 | 分析与论证结果的差异,能促进小组交流并解决问题 |

2 “分析与论证能力”评价要素的分析

《普通高中物理课程标准》对科学探究中“分析与论证”的要求是:(1)对实验数据进行分析处理。(2)尝试根据实验现象和数据得出结论。(3)对实验结果进行解释和描述。(4)认识在实验中进行分析与论证是很重要的。学生在进行实验并收集完证据后,首先需要对实验数据进行处理,然后对处理后的数据进行分析并得出结论。因此,本文将“分析与论证能力”的评价要素确定为处理数据的能力、分析数据的能力和得出结论的能力。

2.1 处理数据的能力

学生在进行实验并收集完证据后,会发现收集的数据比较“零散”,不利于统计分析。因此,在分析与论证实验数据时,首先要对实验数据进行“合理化”处理。这里的“合理化”是指能够运用合理的方法手段处理实验数据且过程准确无误。例如:高中《物理·必修1》教材中有很多实验需要运用打点计

时器测物体运动的加速度,由于打出纸带上两点的的时间间隔为 0.02 s,不利于后续数据的分析,因此需要对纸带进行简单地处理,取 5 段时间间隔为 1 个计数点,这样在计算加速度时计数点间的时间间隔由 0.02 s 放大到 0.1 s,便于后续数据分析的需要.高中物理教材的很多实验都需要对数据进行初步处理,然后才能深入分析得出结论.通过对一线教师的了解发现,部分学生在处理数据的过程中,容易在规范上犯一些小错误,甚至有的学生不能够根据实验目的合理地处理数据.因此,“处理数据的能力”的品质与表现水平如表 2 所示.

表 2 “处理数据的能力”的品质与表现水平

| 评价要素 | 品质 | 表现水平 |
|---------|-----|---------------------------|
| 处理数据的能力 | 准确性 | 能够运用合理的手段处理实验数据,且处理过程正确无误 |
| | | 能够合理地处理实验数据,但处理过程存在一些错误 |
| | | 不能根据实验目的合理地处理数据 |

2.2 分析数据的能力

“分析数据的能力”决定着得出结论的方向.它包含着以下 3 个方面的评价内容.

(1) 分析数据的灵活性,即“能够采用不同的方法对处理后的数据进行比较分析”.部分实验的数据能够通过多种不同的分析方法得出实验结论,但是运用不同分析方法得出结论的精确程度会有一些的差别.这就需要学生在分析数据的过程中,会运用多种不同的分析方法对处理后的数据进行比较,以找出精确程度高、直观简洁的分析方法来对结论进行描述.例如,在高中《物理·选修 3-1》“测电源的电动势和内阻”实验中,实验原理为 $E = U + Ir$,电路图如图 1 所示.

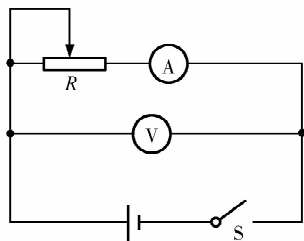


图 1 “测电源的电动势和内阻”原理图

学生在进行探究实验时,通过对滑动变阻器上滑片的滑动记录电流表和电压表的一系列读数.对这些数据的处理有多种方法:一是平均法,即根据 U 和 I 的值得列方程,求得电动势和内阻的平均值;另一

个是图像法,即将多组 U 和 I 的值在一坐标系中描点作图,找图像中的横截距与纵截距,间接计算出电动势和内阻的数值.教材的处理是运用图像法得出结论.但是在进行该实验时,学生可以运用“平均法”和“图像法”得出电动势和内阻的数值,然后通过比较分析来判断哪种方法得出的结论更加直观、合理,进而得出较为准确的实验结论.

(2) 分析数据的深刻性,即“对实验数据产生的原因提出简单的解释”.“原因和结果”在物理实验中通常表现为“实验条件”和“实验现象”.在实验过程中,实验条件发生了变化会引起实验现象的改变,继而导致实验结果的改变.因此,教师在引导学生对实验数据产生的原因提出解释时,让学生能从“实验条件”出发,分析数据产生或改变的原因,这样能让学生对实验结论的本质有一个深层次的理解.例如,“测电源的电动势和内阻”实验,学生在连接好电路后闭合开关,在调节滑动变阻器时发现电压表和电流表示数变化非常微小,这时学生需要从“实验条件”入手,自主分析电表示数的变化原因,从而提出合理的解释:电流表和电压表量程选取不当.

(3) 分析数据的批判性,即“能够积极地寻找异常数据产生的原因,进行简单的分析”.学生在进行实验与收集证据的过程中,有时会遇到不符合规律的异常数据.这时,如果学生能够对异常数据进行原因分析,那么学生就会从“实验原理”和“实验过程”出发,重新审视整个实验,对学生批判性思维的形成具有重要的意义.例如,在“测电源的电动势和内阻”实验中,如果实验过程中出现“电压表有示数,而电流表没有示数”的异常数据,那么学生就需要从电路的连接出发,一点点地分析故障产生的原因,最终找出“滑动变阻器接触不良”等原因.

综上所述,“分析数据的能力”的品质与表现水平如表 3 所示.

表 3 “分析数据的能力”的品质与表现水平

| 评价要素 | 品质 | 表现水平 |
|---------|-----|---------------------------------------|
| 分析数据的能力 | 灵活性 | 采用不同的方法(如图表、线条、字符或物理模型等)对处理后的数据进行比较分析 |
| | | 采用单一的方法对处理后的数据进行分析 |
| | | 没有对处理后的数据进行分析 |

续表

| 评价要素 | 品质 | 表现水平 |
|---------|-----|------------------------------|
| 分析数据的能力 | 深刻性 | 对实验数据产生的原因提出了简单的解释 |
| | | 没有对实验数据产生的原因提出解释 |
| | 批判性 | 实验过程中没有发现异常的数据 |
| | | 发现异常数据,能够积极地寻找产生的原因,并进行简单的分析 |
| | | 发现异常数据,在教师的引导下才寻找产生的原因 |

2.3 得出结论的能力

“得出结论的能力”是“分析与论证能力”的重要评价要素之一. 学生在对数据进行处理与分析后,能否根据数据合理地描述出正确的结论是评价学生“得出结论能力”的重要依据. 学生在处理、分析数据后,需要对数据所描述的规律进行进一步的总结与深化,用严谨的语言表述出来. 例如,在进行“探究加速度与力、质量的关系”这一探究性实验时,学生会通过小车、倾斜轨道、重物、打点计时器等装置进行探究活动,进而得出加速度与力和质量的“ $a-m$ ”、“ $a-F$ ”图线. 在画出图线后,如果学生根据上述图线得出“物体运动的加速度 a 与质量 m 成反比,与合外力 F 成正比”这一结论,那么就说明该学生在得出结论时没有考虑到该实验中需要控制变量,即当判断加速度 a 与质量 m 的关系时,没有强调出“合外力 F 不变”;判断加速度 a 与合外力 F 的关系时,没有强调出“质量 m 不变”. 因此,该学生在得出结论时不够严谨合理,得出结论能力的水平较弱.

综上,“得出结论的能力”的品质为结论的“合理性”,其具体的表现水平如表4所示.

表4 “得出结论的能力”的品质与表现水平

| 评价要素 | 品质 | 表现水平 |
|---------|-----|-------------------------|
| 得出结论的能力 | 合理性 | 对数据进行处理与分析后,能合理地描述出正确结论 |
| | | 结论中存在少量错误 |
| | | 结论表述含糊不清 |

3 评价要素与品质的比重

为了定量地说明构成“分析与论证能力”的各要素及表现品质的重要程度,本文对其进行了权重的确定. 在权重的设置上,笔者通过对中学一线教师的调查以及结合课程与教学论研究方向的专家意见进行了确定. 通过调查以及专家的意见可知,“分析

数据的能力”能最准确、直白地反映出学生分析与论证能力的高低,决定着形成结论的质量,因此,笔者将“分析数据的能力”给予了0.5的权重.“处理数据的能力”是对收集的实验数据进行进一步整合,为分析数据提供了基础,该评价要素起基础性作用,但不决定学生“分析与论证能力”的关键,因此,笔者将“处理数据的能力”给予了0.3的权重.“得出结论的能力”是对数据处理分析后形成实验结论水平,是学生“分析与论证能力”表现的结果,和前2个评价要素相比,该要素对学生的要求较低,因此,笔者将“得出结论的能力”给予0.2的权重^[2]. 在此基础上,每个要素对应表现品质的权重也给予了相应的确定,具体权重分布如表5所示.

表5 “分析与论证能力”评价要素与表现品质的权重

| 评价要素 | 权重 | 品质 | 权重 |
|---------|-----|-----|-----|
| 处理数据的能力 | 0.3 | 准确性 | 0.3 |
| | | 灵活性 | 0.2 |
| 分析数据的能力 | 0.5 | 深刻性 | 0.2 |
| | | 批判性 | 0.1 |
| | | 合理性 | 0.2 |
| 得出结论的能力 | 0.2 | 合理性 | 0.2 |

4 结束语

以上是对分析与论证能力的3个评价要素以及表现品质进行了简单的分析.“处理数据的能力”是基础,没有对数据的处理过程,就无法分析与得出结论;“分析数据的能力”是关键,只有对处理好的数据进行分析,才能够得出正确而且严谨的结论;“得出结论的能力”是核心,这是处理数据、分析数据的最终目的,只有得出了结论,才能够对之前提出的问题合理化解答.“处理数据”、“分析数据”是“得出结论”的基础,因此3个评价要素在科学探究的过程中是层层递进的关系. 上述评价要素与表现品质及水平的确定对一线教师与教育研究者对科学探究中“分析与论证能力”的深入研究具有重要的指导性意义.

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(实验). 北京:人民教育出版社,2003.10~11
- 2 宋丽霞,马昌法.PTA量表在中学物理探究活动中的应用. 物理教师,2009,30(5):6~8
- 3 叶兵. 提出问题能力评价策略初探. 物理教学,2010,32(9):38~40
- 4 江爱国. 例谈新课标下如何建构物理表现性评价. 物理教学探讨,2009,27(1):19~20