

物理核心素养的试题命制与评价策略研究

——以科学态度与责任评价为例

蒋炜波 (清华大学附属中学 北京 100084)

赵 坚 (昆明市五华区基础教育科学研究中心 云南 650031)

摘 要 以科学态度与责任为例,如何命制试题评价学生的科学态度与责任的养成情况?又如何对所命制的试题进行评价?结合科学态度与责任能力水平层次等级要求,在实践中总结了可以借鉴的试题命制与评价方法策略。

关键词 科学态度与责任 试题评价

文章编号 1002-0748(2020)5-0002

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 科学态度与责任

科学态度与责任是指在认识科学本质,认识科学·技术·社会·环境关系的基础上,逐渐形成的探索自然的内在动力,严谨认真、实事求是和持之以恒的科学态度,以及遵守道德规范,保护环境并推动可持续发展的责任感^[1]。科学态度与责任主要包括:科学本质、科学态度、社会责任。

科学本质,在科学知识方面,主要包括科学知识的逻辑性、确定性、发展性和局限性;在科学方法方面主要包括实验的检验真理属性、科学思维的多样性、科学的创造性、科学要不断地提出问题等等;在科学研究群体与社会实践方面,主要包括科学知识发展过程中的合作与协作、科学与技术的区别与相互作用等等。

科学态度,包括对科学的求知欲与学习热情、从科学中得到的成功与满足、对实验实践的客观与尊重、对真理的坚信与维护、对学术道德的恪守与遵循等等。

社会责任,主要是指在认识到科学·技术·社会·环境之间联系的基础上,培养环境保护与可持续发展的意识,通过物理学习提升社会责任感。

经过物理学习以后,学生的科学态度与责任究竟发展到了什么程度?这就需要进行相应的检测评价。

2 科学态度与责任的试题评价

《普通高中物理课程标准(2017年版)》(以下简称“课标”)中对科学态度与责任进行了5个水平等

级划分,其中水平1代表入门等级,水平2代表毕业合格性等级,水平3介于合格性等级和高考选拔要求之间,水平4代表高考选拔性等级,水平5代表中学阶段的最高等级^[1]。

每一个水平层次都在科学本质和科学态度与责任等方面提出了要求,其中科学本质是科学知识、科学研究过程与方法、科学的价值和局限性等方面最基本的特点^[2]。鉴于试题评价仍然是当前最为重要的评价方式,那么我们可以设计不同类型的试题来完成对学生科学态度与责任的水平等级评价。

需要注意的是,课标中的很多科学态度与责任的水平要求并不适合用试题进行评价。比如坚持实事求是,能与他人合作,能自觉遵守良好的道德与规范,有良好的物理学习兴趣等等,这些水平要求更适合在教学中进行过程性评价,因此本文讨论不涉及。

2.1 从科学知识的特点进行科学态度与责任评价

科学知识是科学本质的一部分,它从实践中抽象而来,具有严密的逻辑体系性,还具有发展性,总是随着人们认识的进步而不断加深,此外还具有一定的适用局限性。因此可以从科学知识的逻辑体系以及科学知识的发展性、局限性入手进行评价。

课标的5个水平等级中,水平3、水平4和水平5对科学知识的特点提出了要求。水平3要求认识到物理科学与实验的关系,水平4要求认识到科学知识的逻辑体系和发展特性,水平5则还要求能够理解认识到物理知识的适用局限性。相比较而言,水平3不宜通过试题进行评价。

(1) 命题策略

第一种命题方式包括推理证明、概念辨析、学史发展、逻辑分析等,主要用于水平 4 等级的评价。

第二种命题方式以物理概念和规律的适用条件作为主要考查点,主要用于水平 5 等级的评价。

(2) 对所命制试题的评价

上述两种命题方式特征鲜明,很容易判断试题是针对哪一个水平等级的评价。不过需要注意的是这些命题方式中也包含着诸如对科学思维、科学探究和物理观念的评价,毕竟核心素养的评价本身就不可能完全独立地进行。因此水平 4 等级的评价,可能因伴随着科学推理和论证而导致试题的整体难度会大于水平 5 等级评价的试题,但就科学态度与责任而言,水平 5 等级的要求仍然更高一些。

(3) 实例展示

例题 1 历史上人们原来普遍认为自由下落的物体中,重的物体下落得更快,轻的物体下落得更慢,伽利略最早通过逻辑分析和实验检验证明了这种观点是不正确的,请阐述他的逻辑分析过程。

科学知识自身具有很好的逻辑体系,如果通过逻辑思考分析出的结论是相互矛盾不自洽的,则表明这些“科学知识”并不是真理,这种通过逻辑思考分析出矛盾结果的方式恰好也是科学质疑的策略之一^[3]。命题时可以通过推理、分析、证明等方式的考查来实现对学生科学知识逻辑性的评价,从而完成科学本质的评价,与此同时这种命题本身在考查过程中也包含了对物理观念和科学思维的评价。这道题属于水平 4 等级评价。

例题 2 下列关于光的认识中正确的是 ()

- (A) 光在同一种均匀介质中沿直线传播
- (B) 光是一种波,在遇到障碍物的时候可以发生衍射现象
- (C) 光的衍射现象否定了光沿直线传播的认识
- (D) 光电效应表明光具有粒子性

关于光的本性的研究认识,在人类社会发展历程中经历了千年之久,从一些现象和简单规律的描述到以牛顿为代表的微粒说,再到以惠更斯为代表的波动理论;从光的电磁说到光电效应现象的出现,再到光的波粒二象性。人们在探寻光的本性的道路上经历了理论一次又一次地被否定和发展的过程。

这道题正是浓缩了对于光本性认识的考查,虽然难度不大,但是很有评价意义,是对于科学知识的发展性的评价,属于水平 4 等级评价。

类似的考查还有很多,比如对质量的认识,从最

早的“所含物质的多少”,到后来的“衡量物体惯性的强弱”,再到最后“质量与能量之间的相互转化关系”,每一步认识都是对质量这一概念的变革性发展。再比如关于原子结构模型演变的考查,对于时间和空间观念的考查,对于电与磁的相互联系研究的考查等等,都是属于这一类型。

例题 3 下列关于回旋加速器的说法中正确的是 ()

- (A) 回旋加速器利用磁场加速粒子,利用电场使粒子回旋变向
- (B) 回旋加速器中的磁场方向恒定,电场方向周期性变化
- (C) 某粒子能获得的最大动能与磁感应强度和 D 形盒半径有关
- (D) 磁场一定时,只要 D 形盒的半径足够大,粒子的速度就可以无限接近光速

物理规律并不是通用的,它们都存在着自己的适用条件和范围,而且不同的物理规律在处理不同的问题的时候也都有各自的优势和劣势,不能一概而论。此外对于不同的学习群体,需要呈现的物理规律可能也会有差别,比如在中学物理中,我们基本上不会考虑相对论效应,也不会因为原子能级结构的提出而放弃核式结构。

这道题对回旋加速器的使用条件进行了考查,当粒子的速度接近光速的时候就必须考虑相对论效应了。属于水平 5 等级评价。

(4) 小结

通过对科学知识的特点的考查,能够很好地完成科学本质的水平评价,还能以考试引导学生对科学本质的认识发展。鉴于命制试题的需要,考查过程中或多或少都会涉及核心素养的其他方面的评价,这恰好也是物理学科特点的一部分,毕竟在如此强的逻辑体系之下,独立考查任何一个面都是很困难的。

2.2 从研究过程和方法进行科学态度与责任评价

物理是一门实验学科,因此利用物理实验来研究和检验真理,验证猜想和预言,已经成为物理学的基本特点。与此同时经过不断地锤炼,在实验研究过程中科学家们总结出了很多大家普遍接受的研究方法,它们反过来更好地促进了物理学的发展。这些都是命题时可行的评价方向。

课标的 5 个水平等级,均没有明确针对研究过程和方法提出要求,但笔者在实践中发现对研究过

程和方法的评价是很有必要的。

学生知道一些基本的物理研究方法,可对应水平 1 等级。学生了解并能够简单判断和使用物理研究方法,可对应水平 2 等级。学生能够利用科学研究方法设计简单的实验,有用实验检验真理的意识,可对应水平 3 等级。学生能够用科学方法设计较复杂的实验,分析和改进现有的实验,可对应水平 4 等级。学生能有意识地利用科学研究方法针对性地设计实验完成物理规律的检验,可对应水平 5 等级。

(1) 命题策略

第一种命题方式直接针对物理研究方法,让学生对使用的方法进行判断即可,适用于水平 1 和水平 2 等级评价。

第二种命题方式突出科学研究方法的具体使用,包括用于选择器材、完善实验等等,适用于水平 3 等级评价。

第三种命题方式针对复杂实验的分析改进,突出实验的检验验证功能,适用于水平 4 和水平 5 等级评价。

(2) 对所命制试题的评价

在核心素养理念下,这部分的试题命制不能够脱离实验情景,所以某种程度上与评价“科学探究”的试题会有所重叠,但是此处要更加侧重科学研究的方法一些。

此外三种命题方式都着眼于研究方法和实验的检验属性,因此通过这两方面的考查程度判断就能够评价出试题属于哪一个水平等级。

(3) 实例展示

例题 4 在做“决定电阻大小的因素”实验时,每次需挑选表 1 中两根合适的导线,测出通过它们的电流大小,然后进行比较,最后得出结论。

表 1

导线号码	A	B	C	D	E	F	G
长度(m)	1.0	0.5	1.5	1.0	1.2	1.5	0.5
横截面积(mm ²)	3.2	0.8	1.2	0.8	1.2	1.2	1.2
材料	锰铜	钨	镍铬	锰铜	钨	锰铜	镍铬

(1) 为了研究电阻与导体材料有关,应选用的两根导线是(填号码)_____;

(2) 为了研究电阻与导体的长度有关,应选用的两根导线是(填号码)_____;

(3) 为了研究电阻与横截面积的关系,应选用的两根导线是(填号码)_____;

(4) 本实验所采用的方法是_____。

在实验过程中,研究两个变量之间的关系时,有必要对其他的变量进行控制,保证它们的一致性,然后才能够得到所研究的变量之间的具体关系,这就是控制变量法。这道题涉及了利用科学研究方法进行器材的选择,属于水平 3 等级评价。

类似的,为了减小偶然性从而得到一般性结论所进行的多次测量法,为了将不易观察的物理现象转化为容易观察的物理现象、将不易测量的物理量转化为容易测量的物理量所用的转换法,为了完成现实中无法完成的实验所用的理想实验科学推理法等等,都是物理研究过程中的常用方法,在这些地方都可以对学生进行评价。

例题 5 分子电流是由安培提出的用以解释永磁体为什么具有磁性的假说,因为一直没有经过实验验证分子电流的存在,因此分子电流只能称之为“假说”。下列物理概念和理论在物理科学中的地位处境与分子电流类似的是 ()

- (A) 磁单极子 (B) 超导体
(C) 电场 (D) 黑洞

实验是物理科学发展的起源,也是检验理论的标准,这道题就是关于实验的地位和作用的命题,考查实验的检验属性,属于水平 3 等级评价。

例题 6 请阐述牛顿月地检验的目的意义和大致的过程。

月地检验一直都是学生学习万有引力的难点,根本原因是学生不知道这一检验存在的意义,他们认为这是显而易见的,根本无需进行实验,这也导致他们不理解月地检验的具体过程。这道题需要学生深刻理解月地检验的意义,能够阐述检验的具体过程,属于水平 4 等级评价。

例题 7 磁荷是人们在磁场研究早期提出的概念,类似于电荷。我们知道电场从正电荷或无穷远处发出,终止于负电荷或者无穷远处。因此磁荷也分成了 N 磁荷和 S 磁荷,磁场从 N 磁荷或者无穷远处发出,终止于 S 磁荷或者无穷远处。可见单独的磁荷只有一个磁极,即 N 极或者 S 极。为了检验磁荷是否真实存在,人们设计了一个处于超导状态的闭合圆环。请分析当 N 磁荷从圆环上方下落穿过圆环的过程中(见图 1),圆环中的电流的方向是怎样的。

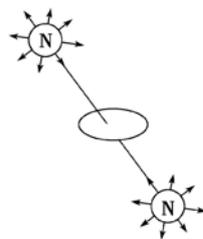


图 1

磁荷是一个假想概念,为了验证这一假设的真实性,必须用实验进行检验。这里需要学生通过楞次定律对超导圆环中感应电流的方向进行判断,以检验磁荷是否真的存在,属于水平 5 等级评价。

(4) 小结

笔者通过实践发现,从科学研究的方法和过程上进行科学态度与责任的评价是切实可行的,毕竟它是科学本质的一部分。虽然这部分命题仍然以实验为主,但是出发点与科学探究的试题评价是不同的,命题的时候要着重注意科学方法的使用和实验的检验功能。

2.3 从科学态度和社会责任进行科学态度与责任评价

物理是实验学科,要求保持对实验的客观与尊重,自觉维护真理和学术道德,要求学生在物理学习中养成良好的科学态度。

同时物理作为一门基础学科,与社会和环境的联系是非常紧密的,既有对社会发展的巨大促进作用,也有对环境的巨大改变作用。同时科学与技术之间一直都是相互促进的,科学促进技术的变革,技术反过来又促进科学的发展。科学技术是第一生产力,但同时科学技术的双刃剑效应也值得每一位物理学习者反思。

课标的 5 个水平等级都对科学态度和社会责任提出了要求。

水平 1 要求学生能对自然界有好奇心,知道实事求是,知道科学·技术·社会·环境之间有关系;

水平 2 要求学生有物理学习的兴趣,有实事求是的态度,知道物理研究会涉及到道德规范,了解科学·技术·社会·环境之间的关系;

水平 3 要求学生有较强的物理学习研究兴趣,做到实事求是,认识到物理研究应该考虑道德规范,认识到人类在保护环境和促进可持续发展方面的责任;

水平 4 要求学生有学习和研究物理的内在动机,坚持实事求是,能依据普遍接受的道德与规范认识和评价物理研究与应用,具有保护环境、节约资源、促进可持续发展的责任感;

水平 5 要求学生有较强的学习和研究物理的内在动机,能自觉抵制违反实事求是的行为,在进行物理研究和应用物理成果时能自觉遵守普遍接受的道德与规范,养成保护环境、节约资源、促进可持续发展的良好习惯。

从水平等级要求来看,水平 1、水平 2 和水平 5 并不适合试题评价,关于学习的动力和兴趣、自觉抵制违反实事求是行为、养成保护环境、节约资源、促进可

持续发展的良好习惯等内容可采用过程性评价,相比较而言水平 3 和水平 4 可以通过试题进行评价。

(1) 命题策略

从上述水平 3 和水平 4 的要求中可以看到,实事求是、坚信真理、关于科学·技术·社会·环境关系等科学态度与社会责任是可以通过试题进行评价的。

命题的素材包括物理学史、实验、科学技术与社会环境问题等,题型可以是选择题、实验题,甚至是主观题。

命题时可以通过学史和实验来评价学生的科学态度,通过科技社会等相关问题来评价学生的社会责任。条件允许的时候以主观题的形式进行考查更合适。

(2) 对所命制试题的评价

上述命题方式均适用于水平 3 和水平 4 等级评价,比较而言,课标中水平 4 要求学生能依据普遍接受的道德与规范认识和评价物理研究与应用,因此可以通过这一点区分试题是针对水平 3 还是水平 4 等级评价。

(3) 实例展示

例题 8 下列说法中正确的是 ()

(A) 核裂变和核聚变是目前两种已经实现的核反应

(B) 氢核聚变释放的能量巨大,反应产物无污染,可作为清洁能源

(C) 核反应释放的能源可供人类社会发所需,核能是可再生能源

(D) 核裂变产物具有较强的放射性,对环境造成的不良影响很大

这道题考查学生对科技与社会、环境之间的关系认识,主要在核能与社会和环境之间考查学生的认识和判断,是较为典型的针对科学态度与社会责任的评价试题。

物理科学技术对当前社会发展的贡献非常大,因此需要让学生认识到物理科学技术的重要作用。但与此同时也要引导学生关注科技对社会发展带来的问题,尤其是对环境造成的影响,试题不仅仅是评价作用,它对学生的科学态度与责任的培养也是一种导向。这道题属于水平 3 等级评价。

例题 9 下列物理史实中属于对真理的维护的是 ()

(A) 哥白尼提出了日心说,改变了人类对自然和自身的看法。他的观点受到了教会的强烈反对,但他仍坚信日心说的正确性,并为此奔波宣讲了一生

(B) 托勒密的日心说不足以解释天体的运行,需要增添数量越来越多的“本轮、均轮”。因此托勒密之后的学者致力于这种“修补”工作,使托勒密的体系变得更加完善了

(C) 牛顿曾经提出光是由微小粒子组成的,并且很好地解释了光的直线传播、折射和反射现象,之后许多物理学家通过不断地实验和辩论来支持这一观点

(D) 伽利略支持日心说观点,他发明了望远镜,直接观测到了木星的 4 颗卫星,表明不是所有天体都在绕地球运动,这成为哥白尼日心说的第一个观测依据

真理要能够经得起实践的检验,物理学发展历史长河中有许许多多为了维护真理而进行的斗争活动,学生学习物理之后,对这些基本的物理史实应该有所了解,并且能够在自己的头脑中进行评价判断。这道题要求学生在 4 个真实史料中辨别“真理维护”,已经涉及“认识和评价物理研究与应用”,属于水平 4 等级评价。

例题 10 请你对原子弹的发明进行评价,要求阐述清晰,分析有理有据。

主观题虽然在高中阶段并不常见,但的确很适合作为评价科学态度和社会责任。这道题需要学生知道原子弹发展的一些历史,并且要能结合一些基本的事实对原子弹进行评价,表明自己在这一科学应用上的观点立场,通过学生的作答就能直接反映出学生的科学态度和社会责任。这道题属于水平 4 等级评价。

这道题的深层次难处不在于学生如何作答,而在于教师对学生的答案如何赋分评判。教师自己对这一科学应用的观点是什么?以什么标准来给学生赋分呢?教师的观点是否会影响赋分的公平性呢?

试题对学生的引导性是很强的,因此教师给出的参考答案也一定会影响到学生。笔者在实践中要求学生能够有理有据地阐述辩证性的观点,即在事实的基础上认识到事物的两面性,方能够得到高分

(上接第 10 页)

势均为零。

电桥的平衡原理在物理问题中有着很方便的应用,给同学们在复习中灌输这个原理,能够帮助学生开阔解题思路,拓宽分析问题的解决思路,在物理教学中实现育人的核心价值。

参考文献

[1] 姚春贤. 物理竞赛中含有非平衡电桥的复杂电路问题研究[J].

或满分,以此引导学生辩证地分析思考问题,既给学生充足的观点表达空间,又能够让他们进一步认识到科技的双刃剑属性。

(4) 小结

学生的科学态度和社会责任,由于涉及很多意识形态的内容,因此较难全部通过试题进行评价,而且受到试题题型的限制,主观题的功能也难以发挥出来。笔者实践表明,有针对性地设计教学活动环节进行过程评价,并充分挖掘试题的命题潜力进行试题评价,两者相结合才是适合对科学态度和社会责任的评价方式。

3 结束语

物理教学的目的不仅仅是向学生传授知识,更重要的是促进学生良好科学态度的养成,培养学生正确认识科学的本质,激发学生的好奇心与求知欲,具有社会责任感。

客观来讲,试题并不是科学态度与责任的评价的最好方式。社会实践活动、实地调查研究、环保志愿活动、工厂参观学习等等很多方式都能培养并评价学生的科学态度与责任。只不过这些评价方式都是过程性的,可能在操作上有一定的难度,而且因为地域的差异在实践中也会存在很多困难。

同时试题作为当前的主要评价方式,不能够回避科学态度与责任。此时适当地变换考查形式,比如将客观题改为主观题,或者让学生利用给出的简短科技文章进行分析作答,也都是值得尝试的。

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] 郭玉英, 苏明义. 新版课程标准解析与教学指导——高中物理[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2018.
- [3] 蒋炜波. 科学思维中提出质疑的方法策略研究[J]. 物理教学, 2019(6): 6-8.
- [4] 陈玉奇. 高中物理竞赛中不平衡电桥电路的几个分析方法[J]. 高中数理化, 2012(21): 36-38.
- [5] 邱守雄. 平衡电桥法在高中物理竞赛中的应用研究[J]. 物理教学探讨, 2010, 28(02): 29-31.
- [6] 钱小霞. 惠斯登电桥测量电阻的误差分析[J]. 南昌大学学报(工科版), 1998(02): 103-105.