基于实证研究的试题情境创设与命制

——以“探究水的沸腾条件”为例

戴同兰[1] 杜 陈[2]

(1.江苏省泰州医药高新区(高港区)教师发展中心 江苏 泰州 225323;2.泰州市海军中学 江苏 泰州 225300)

摘 要:为全面贯彻党的教育方针,落实立德树人根本任务,物理课程教学目标开始从向学生传授知识转向培育学生核心素养,对学生的评价也应凸显素养立意与育人导向,试题情境应客观真实、准确可靠,以考查学生运用物理知识解释现象和解决问题的能力.然而在设计评价的过程中,常出现试题情境真实但命题经验化的问题,以至于试题出现争议甚至错误.以一道“水浴加热法探究水沸腾条件”的中考题为例,通过实证研究与理论分析,研究试题情境脱离实际的原因,并就试题命制的情境创设与试题如何考查学生的核心素养做出一定的思考.

关键词:试题情境;实证研究;素养立意

中图分类号:G633.7 **文献标识码**:B **文章编号**:1008-4134(2024)10-0062-04

物理学习评价应全面落实新时代教育评价改革要求,以学生发展为本,强化素养导向,着力推进评价观念、评价方式和评价方法的改革,促进学生学习和教师教学的改进[1].在当前试题情境创设与命制的过程中,教师依据已有经典试题进行改编的倾向较为突出,往往不对试题中的情境进行科学论证,不重视实证研究,会出现命制部分不严谨甚至是错误题目的情况,久而久之便会滋长教师不组织学生实验探究,学生也仅通过记忆和推理进行物理实验学习的现象,没有发挥出评价的导向作用.

“探究水的沸腾条件”由学生必做实验“探究水在沸腾前后温度变化的特点”衍生而来,许多教师喜欢用“水浴加热法”来“探究水的沸腾条件”,因为这是经典习题给出的情境,很多学生认为该实验现象能充分证明水的沸腾条件.基于此改编出一系列试题,下面就以一道中考题为例,从实证和科学分析角度谈一谈素养导向下的试题情境创设与命制.

1 试题展示与分析

1.1 试题展示与解析

例题 (2021江苏扬州中考第25题的第(3)小题)在“观察水的沸腾”实验中,如图1所示,水沸腾后,甲同学移走酒精灯,继续观察;乙同学继续加热,观察烧杯中的水和试管中的水,他们的目的都是探究_____.

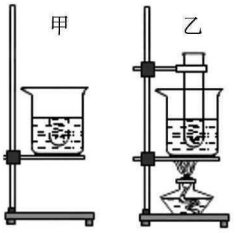


图1 观察水的沸腾

常规解析:甲同学移走酒精灯后,由于不能继续吸收热量,水很快停止沸腾;乙同学继续加热,烧杯中的水由于能够继续吸热,所以烧杯中的水会继续沸腾且保持温度不变,当试管中的水与烧杯中的水温度相同后,试管中的水就不能继续从烧杯中的水中吸热,所以试管中的水只能是温度达到沸点但是不能沸腾.所以本题的答案是:液体沸腾需要满足的条件.

1.2 问题提出

本题意在考查学生探究水沸腾条件的实验设计与对热传递相关的知识运用,很多教师认为可以用水浴加热法来探究水的沸腾条件,因为试管中的水和烧杯中的水充分接触,二者温度应该相同,所以试管中的水能达到沸点但无法从烧杯的水中继续吸热,无法沸腾.在现实实验中,试管中的水的确没有沸腾,但是试管中水的温度一定能达到沸点吗?

基金项目:江苏省中小学教学研究第十四期“基于测试分析的跟进式改革”专项课题“基于质量监测的初中物理实验教学改革的实践研究”(项目编号:2021JYJC14-L07);江苏省中小学教学研究第十四期重点自筹课题“基于项目的初中物理探究学习循证实践”(项目编号:2021JY14-ZB23);江苏省教育科学“十四五”专项课题“核心素养导向下初中物理可视化情境教学研究”(项目编号:C/2022/02/18).

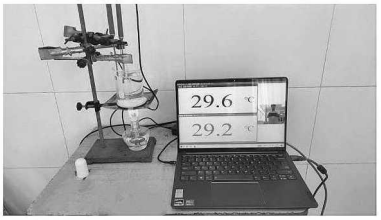
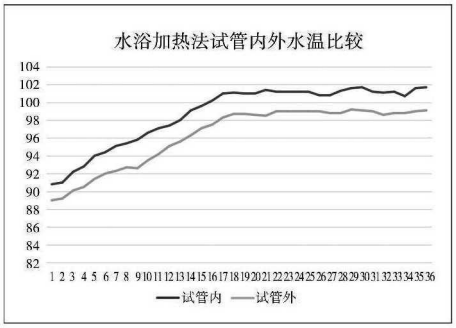
作者简介:戴同兰(1968-),本科,中学高级教师,研究方向:初中物理试题评价与实验教学研究;
杜陈(1989-),本科,中学二级教师,研究方向:初中物理实验教学研究.

中国知网 https://www.cnki.net

2 试题情境的实证研究

基于上述疑问,就试题情境开展实证研究. 先后用液体温度计、单探头数字电子温度计、多通道热电偶测温仪、DISlab 传感器等多种测量仪器分别在江苏、新疆等多个地区进行多次实验,实验结果均表明试管中的水的温度无法达到沸点. 下文是选用 DISlab 传感器进行实验的实验报告,具体见表 1.

表 1

<table>
<tr><td>实验名称</td><td>探究在水浴加热法中试管内水的温度能否达到沸点</td></tr>
<tr><td>实验器材</td><td>DISlab 传感器、电脑、铁架台、石棉网、大烧杯、小试管,铁夹、酒精灯、火柴、秒表、水等</td></tr>
<tr><td>实验主要器材与组装图</td><td>
</td></tr>
<tr><td>实验设计</td><td>1. 根据水浴加热法组装好器材
2. 在试管和烧杯中分别倒入温度相同的水(为了实验更加准确地说明问题,本次实验中采用冷水,试管和烧杯中水的初温相同,均是 28.5 ℃)
3. 将 DISlab 温度传感器的接头分别浸没在烧杯和试管的水中,注意不能碰触到容器的底和壁
4. 点燃酒精灯开始加热,当烧杯中的水温升到 91 ℃左右时,每隔 30 秒采集一次烧杯和试管中的水温,同时观察试管内外水是否发生沸腾,直至烧杯和试管中水的温度均达到稳定
5. 分析数据并交流讨论
6. 得出结论</td></tr>
<tr><td>实验数据与图像</td><td>DISLab 传感器采集数据
<table>
<tr><th>序号</th><th>试管内温度/℃</th><th>试管外温度/℃</th><th>时间/s</th></tr>
<tr><td>1</td><td>89</td><td>90.8</td><td>30</td></tr>
<tr><td>2</td><td>89.2</td><td>91</td><td>60</td></tr>
<tr><td>3</td><td>90.1</td><td>92.2</td><td>90</td></tr>
<tr><td>4</td><td>90.5</td><td>92.8</td><td>120</td></tr>
<tr><td colspan="4">· · · · · ·</td></tr>
<tr><td>16</td><td>97.5</td><td>100.2</td><td>480</td></tr>
<tr><td>17</td><td>98.3</td><td>101</td><td>510</td></tr>
<tr><td>18</td><td>98.7</td><td>101.1</td><td>540</td></tr>
<tr><td>19</td><td>98.7</td><td>101</td><td>570</td></tr>
<tr><td colspan="4">· · · · · ·</td></tr>
<tr><td>33</td><td>98.8</td><td>101.2</td><td>990</td></tr>
<tr><td>34</td><td>98.8</td><td>100.7</td><td>1020</td></tr>
<tr><td>35</td><td>99</td><td>101.6</td><td>1050</td></tr>
<tr><td>36</td><td>99.1</td><td>101.7</td><td>1080</td></tr>
</table>


注:本实验数据均由 DISlab 提供,温度单位为摄氏度、时间单位均为秒</td></tr>
<tr><td>实验现象</td><td>1. 烧杯中的水于第 480 秒左右开始沸腾,试管中的水一直都没有沸腾
2. 烧杯中的水的温度逐步上升,最终稳定在 102 ℃左右
3. 试管中水的温度先上升后在小范围内波动,受周围环境影响较大,比如空气流速
4. 当烧杯中的水沸腾后又进行大约 10 分钟的实验,试管中水的温度始终低于烧杯中水的温度,并没有达到沸点</td></tr>
<tr><td>实验结论</td><td>1. 水浴加热法试管中的水不会沸腾
2. 水浴加热法中试管内的水的温度始终低于烧杯中水的温度,不能达到沸点</td></tr>
</table>

中国知网 https://www.cnki.net

通过多次实验现象观察与数据收集,得出“水浴加热法试管中水的温度无法达到沸点”的结论,同时说明2021年江苏扬州中考第25题的第(3)小题的乙图情境不宜用来探究液体沸腾的条件.

3 问题的理论剖析

理查德·费曼在《物理定律的本性》一书中说:温度就像是一种“取用能量的难易程度”,当每件东西都具有相同的温度时,就再没有什么能量可以用来做任何事情了[2].如果试管中水的温度和烧杯中水的温度相同,那么二者之间就不会发生热传递.而在真实情境中,试管中水蒸发要吸热的同时,A还会和C发生热传递(如图2所示),并且它们之间的温度差远大于A、B间的温度差,所以对A来说,向外放热比向烧杯中的水吸热更“容易”,最终A的温度会在一个小的范围内波动,可以近似认为吸热和放热达到平衡.

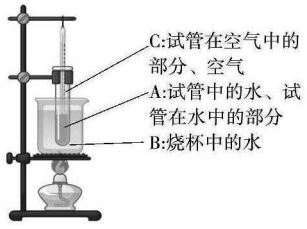


图2 水浴加热法结构图

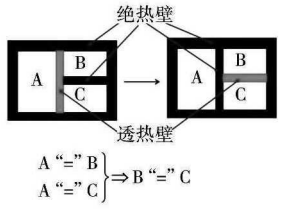


图3 第零定律

根据热力学第零定律,在不受外界影响的条件下,如果处于确定状态下的物体A分别与物体B、C达到热平衡(如图3所示),则物体B和C之间也必达到热平衡.本题中试管内的水和试管都会与外界空气接触,而且水的状态还在发生改变,在实验中,试管中的水和试管在水中的部分就扮演A的角色,它在向烧杯中的水吸热的同时也在向试管在空气中的部分和空气传热,且试管在空气中的部分和空气温度远低于烧杯中水的温度,所以试管内外水的温度不可能相同,即试管内的水无法达到沸点.

也可以通过热量计算公式来进行推理:一定时间内,A从B吸收的热量为$Q_{吸}$,同时A向C传递的热量为$Q_{放}$,达到热平衡时,$Q_{放}=Q_{吸}$,$Q_{吸}=cm(T_B-T_A)$,因为$Q_{放}$大于0,所以$Q_{吸}$也大于0,即(T_B-T_A)大于0,烧杯中的水的温度会始终高于试管中的水的温度,两者温度不能相同.

4 基于真实情境,注重实证研究

“蒸”是我国古代发明的烹饪方法之一,最早可以追溯到距今6000年左右的新石器时期.最初是甑(如图4所示),其中的孔洞可以方便蒸气自下上达,利用水的蒸气将食物蒸熟.“蒸”是我国饮食独特的烹饪技巧,也是我国古代精神文化的重要组成部分.这是一种最能保留食物营养成分的烹调方法,因此从古至今,从南方到北方,人们对于蒸食情有独钟.目前日常生活中最常见的“蒸”如图5所示,把碗放在大锅内,把要蒸的食物放在碗内,碗与锅底不接触.“水浴加热法探究液体沸腾条件”的题目情境就来自于此类生活情境,既体现生活与物理的密切关系,也可以让学生了解我国的饮食文化,体会中华民族的智慧.

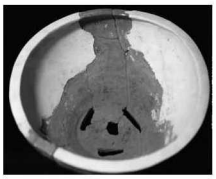


图4 甑



图5 日常生活中蒸食物

但命题者在将生活情境转化为试题情境的过程中并没有进行实证研究,便认为试管中的水能达到沸点,可以用水浴加热法来探究液体沸腾的条件.试题情境与真实的生活情境看似相同,但是实际上并不相同,在蒸食物时,碗与锅是在一个几乎密闭的空间,食物主要是靠高温蒸气加热,而上题中的烧杯和试管都是敞口的,试管中的水主要靠烧杯中的水加热.通过实证研究与理论推理发现这种敞口式的水浴加热法是不能用来探究液体沸腾的条件的.

类似于此题中“想当然”的现象在各级考试中屡见不鲜,因此命题人在创设试题情境时,不仅要注重情境的真实性,更要注重情境的科学性.试题情境尤其是实验情境一定要进行实证研究,不能仅通过经验和推理就进行试题命制或改编.因为一旦逻辑起点出错,逻辑推理再合理,结论都很难正确.

5 强化育人导向,坚持素养立意

物理学习评价应全面落实新时代教育评价改革要求,以学生发展为本,强化素养导向,着力推进评价观念、评价方式和评价方法的改革,促进学生学习和教师教学的改进,提升评价质量,充分发挥评价的育人功能[3].基于评价所具备的独特的教育性与导向性,命题人在试题命制过程中,要以学科育人为导向,以试题情境的科学真实为前提,以真实情境为载体,以考查学生核心素养为追求.如只为考查某知识点而逆向开发不真实、不科学的试题情境,或过度开发课标和教材实验情境,都不利于促进学生核心素养的提升,更难以落实立德树人的根本任务.

再以“水浴加热法探究液体沸腾条件”为例,有教师将解题经验总结成有关规律(见表2):假设烧杯中液

中国知网 https://www.cnki.net

体的沸点为 T_A，试管中液体的沸点为 T_B，当烧杯中的液体沸腾后，判断试管中的液体温度能否达到沸点且能否沸腾. 学生通过对此表的记忆，辅以相关题目的训练，达到考试得分的目的.

表 2　水浴加热法试管内液体与烧杯内液体沸点高低与能否沸腾关系表

烧杯和试管两容器中液体的沸点关系	$T_A > T_B$		$T_A = T_B$		$T_A < T_B$	
试管中的液体能否达到沸点及能否沸腾的情况	能否达到沸点	能否沸腾	能否达到沸点	能否沸腾	能否达到沸点	能否沸腾
	能	能	能	不能	不能	不能

部分教师将这个表格从液体沸腾迁移到晶体熔化，让学生去记忆. 教师不能把探究类实验变成程序性知识让学生死记硬背，这不符合党的教育方针与课标要求，所以必须强化评价育人导向，坚持素养立意，引导教师带领学生进行真实的科学探究，发展学生的核心素养.

教师如何在命题过程中强化育人导向与坚持素养立意呢?

首先，要准确把握物理学科核心素养内涵和表现特征. 虽然《义务教育物理课程标准(2022 年版)》给出物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任四个维度的核心素养目标，但是这些表述仍然是一般意义上的抽象理论. 命题人在命题过程中，仍需要结合学段、学生素养水平、课程内容范围以及对应素养目标的实质内涵，在此基础上才有可能在情境创设、条件界定和问题设计等方面有明晰的方向[4]. 例如，在以“汽化”为载体的核心素养考查中，命题人必须明确“汽化”的物理观念是什么，通过此阶段学习，学生的哪些科学思维能够得到提高，科学探究能力需达到什么水平，科学态度与责任是否得到培养.

其次，应基于真实情境创设能表现物理学科核心素养的评价任务. 比利时教育家易克萨维耶·罗日叶提出了以“情境”为核心的整合教学理论. 他认为教学要在情境的基础上进行，对学生的评价也必须将学过的知识融入具有实际意义的问题情境中，通过知识的整合以及运用，才能评价学生的能力及素养[5]. 根据国际学生测评项目(PISA)的评价框架[6]，情境是连接学科内容与现实世界的桥梁与纽带(如图 6 所示)，是核心素养表现的载体，尤其是真实情境中所蕴含的大量信息要素，有助于教师对试题情境的结构化进行调整，从而对学生进行不同难度、不同维度的素养考查. 需要注意的是，单纯只关注情境的外在形式，并不能确保相应任务所指向的真实问题解决过程与物理学科核心素养测评的目的相吻合，教师仍需寻找物理学科核心素养表现与真实情境的结合点，确定恰当的情境呈现方式，选择适度的真实的支撑材料或数据，以及合理的设问[7]. 所以应用真实情境是创设出考查学生核心素养评价任务的重要基础与前提，能有效解决试题情境的窄化与泛化问题，辅以实证研究的证据支持，能更好地将核心素养落到实处.

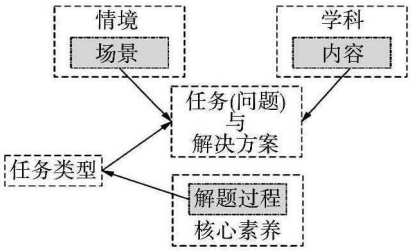


图 6　PISA 评价框架

6　结束语

试题评价对教师的教和学生的学都有很强的导向性，为引导广大师生落实课程标准要求，培养学生核心素养，试题评价就应基于真实情境，坚持素养立意. 将真实情境转化为试题情境需要以实证研究为前提，才能保证试题的真实性与科学性，同时也能引导师生真正进行实验探究. 仅以经验推理或过度挖掘课标、教材情境，都不利于核心素养目标落地，甚至渐行渐远.

参考文献：

[1]中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022 年版)[S]. 北京：北京师范大学出版社，2022.

[2]理查德·费曼. 物理定律的本性[M]. 关洪，译. 长沙：湖南科学技术出版社，2019.

[3]赵希凤. 实施课堂学习评价培育学生学科核心素养——基于学科核心素养培育的初中物理学习评价实践探索[J]. 中学物理，2022，40(20)：2－5.

[4]徐颖. 指向学科核心素养的初中物理学科育人策略[J]. 中学物理，2022，40(22)：2－5.

[5]易克萨维耶·罗日叶. 整合教学法：教学中的能力和学业获得的整合[M]. 汪凌，译. 上海：华东师范大学出版社，2010.

[6]Anonymous. Research and Markets：PISA 2009 Assessment Framework：Key Competencies in Reading，Mathematics and Science[J]. M2 Presswire，2010.

[7]杨向东. 指向学科核心素养的考试命题[J]. 全球教育展望，2018，37(10)：39－51.

(收稿日期：2024－01－02)

中国知网 https://www.cnki.net