

基于物理核心素养的试题情境研究

陆永华

(南京航空航天大学苏州附属中学 江苏 苏州 215000)

(收稿日期:2020-06-25)

摘要:2017版新课标提出以真实情境为测试载体,阐述了试题“情境”和教学“情境”的联系与区别,通过问题情境的层次结构将情境试题分为情境分离型、情境嵌入型和情境结合型3类,并以高考真题为例分析影响高考测试任务问题复杂性程度的维度,对高考真题中问题情境的复杂性程度具体分析,将知识的运用、问题的提出与解决等融入到有意义的测试情境之中,促进物理核心素养的落地.

关键词:物理核心素养 情境 试题研究

《普通高中物理课程标准(2017版)》强调物理核心素养导向,彰显物理学科特质,倡导“教、学、评”一体化.其中,“情境”成为高频关键词,“教学与评价建议”中“建议教师在教学设计和教学实施过程中重视情境的创设,让学生获得在实际情境中解决物理问题的大量经验,形成把情境与知识相关联的意识和能力”.“学业水平考试与命题建议”中提出“评价学生的物理核心素养,应尽量创设类型多样的、具有一定复杂程度的、开放性的真实情境作为试题的任务情境”^[1].

1 物理“去情境化问题”考查功能的弊端

由于物理原始问题常被命题者深度加工抽象简化为模型,习题中常出现网传“物理神器”——物块、滑块、小球等:“外形可忽略,体积可为零;飞天遁水,无往不利;坚如磐石,滑洁如丝;必要的时候它可以带电,也可以突破引力,甚至可以光速行进……”,此类问题过多,就会影响学生物理建模和解决实际问题的能力,也会影响学生物理的兴趣.比利时著名教育学家易克萨维耶·罗日叶认为,这种评估方式容易造成“功能性文盲”现象,即学生的学习

太理论化并脱离生活实际,不能将他们所学的知识能力运用于日常生活情境中^[2],从侧面反映出“物理去情境化问题”的缺陷,相较新课标中“基于学业质量标准”而言,命题缺乏真实情境,缺少模型建构过程,无法体现学生物理核心素养的考查.

2 基于物理核心素养的试题情境的阐述

2.1 试题“情境”和教学“情境”的联系与区别

《普通高中物理课程标准(2017版)》指出“创设情境进行教学,对培养学生的物理学科核心素养具有关键作用”.教学中的“情境化”旨在帮助学生形成感性认识,为知识的意义建构提供感性经验,还原知识情境,帮助学生“形成把情境与知识相关联的意识和能力”.试题中的情境与教学情境有联系又有区别,试题情境可以选用与教学类似甚至相同的情境,但试题情境侧重测评功能,要求学生在其中对已学过的若干知识和技能进行联接整合,把问题中的实际情境转化成解决问题的物理情境,建立相应的物理模型,通过实际问题解决促进学生物理核心素养的达成,核心素养本位的试题情境是核心素养测评的重要途径.

2.2 试题与情境的结合

依据物理学科核心素养的水平划分,创设问题情境,围绕测试主题,运用文字、数据、图像等呈现背景信息,设置物理问题或任务,为考查学生的物理核心素养提供载体.情境化问题是核心素养测评的重要途径,构建如图1所示的问题情境层次结构,将物理情境化问题作为物理原始问题与物理去情境化问题的中间层级,填补两者在情境化和抽象性间的空隙^[3],搭建物理原始问题与物理去情境化问题研究的中间桥梁,将物理知识“溶解”转化为问题,将问题融合于情境,在解决核心素养本位的情境化问题过程中,逐步将学生解决问题所需掌握的物理观念及更深层次的理解、科学思维、情境问题渗透的科学态度与责任等“结晶”,在实际情境化问题解决过程中培养学生的物理核心素养,情境化问题的命制有助于进一步厘清物理核心素养导向的命题基本思路,构建新课改高考命题的基本范式,为提升命题质量奠定坚实的基础.

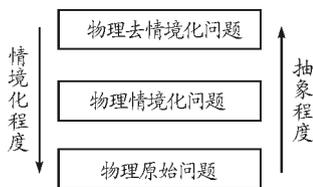


图1 问题情境层次结构

2.3 试题与情境的结合类型

《普通高中物理课程标准(2017版)》在“学业水平考试与命题建议”中提出“根据课程标准中的内容要求和试题考核目标,围绕常见的生产生活、科技事件等设置试题任务情境”,任务情境的设置、知识的运用、问题的提出与解决应有利于实现对学生核心素养的测试.

根据试题中任务情境和题干解题信息的融合程度可分为情境分离型试题、情境嵌入型试题和情境结合型试题^[4].近10年来全国省市高考涉及情境试题中,情境分离型试题所占比重在总体下降,主要以情境嵌入型试题和情境结合型试题为主,且占比呈上升趋势.

(1) 情境分离型

【例1】[2016年高考江苏卷12C(1)]贝克勒尔

在120年前首先发现了天然放射现象,如今原子核的放射性在众多领域中有着广泛应用.下列属于放射性衰变的是()

A. ${}_{6}^{14}\text{C} \rightarrow {}_{7}^{14}\text{N} + {}_{-1}^{0}\text{e}$

B. ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_{0}^{1}\text{n} \rightarrow {}_{53}^{131}\text{I} + {}_{39}^{103}\text{Y} + 2{}_{0}^{1}\text{n}$

C. ${}_{1}^{2}\text{H} + {}_{1}^{3}\text{H} \rightarrow {}_{2}^{4}\text{He} + {}_{0}^{1}\text{n}$

D. ${}_{2}^{4}\text{He} + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_{0}^{1}\text{n}$

本题虽然设置了贝克勒尔在120年前首先发现了天然放射现象的试题情境,但是选择判断放射性衰变,与情境材料无因果关联性,情境材料与解题所需信息分离.

(2) 情境嵌入型

【例2】(2019年高考全国卷I第18题)如图2所示,篮球架下的运动员原地垂直起跳扣篮,离地后重心上升的最大高度为 H .上升第1个 $\frac{H}{4}$ 所用的时间为 t_1 ,第4个 $\frac{H}{4}$ 所用的时间为 t_2 .不计空气阻力,

则 $\frac{t_2}{t_1}$ 满足()

A. $1 < \frac{t_2}{t_1} < 2$

B. $2 < \frac{t_2}{t_1} < 3$

C. $3 < \frac{t_2}{t_1} < 4$

D. $4 < \frac{t_2}{t_1} < 5$

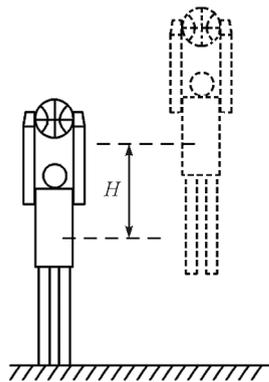


图2 例2题图

依据《普通高中物理课程标准(2017年版)》,模型建构是“科学思维”中关键要素之一,学生要从情境中识别、提取、建构物理模型,模型建构能力达到水平4.本题考查竖直上抛运动相关知识,通过图示

“篮球架下的运动员原地垂直起跳扣篮”运动情境构建并处理竖直上抛运动模型,通过情境嵌入增加试题的可读性,提升学生运用物理知识解决实际问题的能力。

(3) 情境结合型

【例3】[2018年高考北京卷第24(2)题]观测宇宙中辐射电磁波的天体,距离越远单位面积接收的电磁波功率越小,观测越困难.为了收集足够强的来自天体的电磁波,增大望远镜口径是提高天文观测能力的一条重要途径.2016年9月25日,世界上最大的单口径球面射电望远镜FAST在我国贵州落成启用,被誉为“中国天眼”.FAST直径为500 m,有效提高了人类观测宇宙的精度和范围.

(a) 设直径为100 m的望远镜能够接收到的来自某天体的电磁波功率为 P_1 ,计算FAST能够接收到的来自该天体的电磁波功率 P_2 ;

(b) 在宇宙大尺度上,天体的空间分布是均匀的,仅以辐射功率为 P 的同类天体为观测对象,设直径为100 m望远镜能够观测到的此类天体数目是 N_0 ,计算FAST能够观测到的此类天体数目 N .

《普通高中物理课程标准(2017年版)》要求“试题的任务情境要与生产生活、科技发展等紧密联系,要关注物理学前沿与成果应用;要探索设计与现实相关的问题情境,加强对学生应用物理学知识综合解决实际问题能力的考查”.情境结合型试题的题干信息不仅包括问题情境的性质、呈现方式等外部因素,也涉及解决物理问题所需要的能力要求等内部因素,试题通过呈现新的任务情境和新的信息,考查学生信息获取、加工和利用关键信息分析、解决问题的能力。

另外,从物理核心素养测评导向的命题题型角度看,学者普遍认为不良结构问题比良好结构问题更有利于测评学生的物理核心素养水平,根据任务情境的结构化程度和学生完成任务的自由度,测评题型逐渐变化的连续体如图3所示,增加命制试题的自由度,降低命题情境及问题的结构化程度,更有利于物理核心素养的测评。

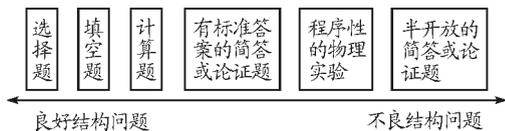


图3 测试题型

3 基于物理核心素养的高考试题与情境的探讨

《普通高中物理课程标准(2017版)》指出“应把物理课程中所形成的物理观念和科学思维用于分析、解决生产生活中的问题,在问题解决中进一步提高探究能力、增强实践意识、养成科学态度,促进物理学科核心素养的形成”.核心素养立意的情境试题考查学生在真实情境中的问题解决能力,问题解决能力是发展学生物理核心素养的重要关键能力。

下面以2019年北京理综第24题为例进行具体分析。

【例4】雨滴落到地面的速度通常仅为几米每秒,这与雨滴下落过程中受到空气阻力有关.雨滴间无相互作用且雨滴质量不变,重力加速度为 g .

(1) 质量为 m 的雨滴由静止开始,下落高度 h 时速度为 u ,求这一过程中克服空气阻力所做的功 W .

(2) 将雨滴看作半径为 r 的球体,设其竖直落向地面的过程中所受空气阻力 $f = kr^2v^2$,其中 v 是雨滴的速度, k 是比例系数。

a. 设雨滴的密度为 ρ ,推导雨滴下落趋近的最大速度 v_m 与半径 r 的关系式;

b. 示意图中画出了半径为 r_1 和 r_2 ($r_1 > r_2$)的雨滴在空气中无初速下落的 $v-t$ 图线(图4),其中_____对应半径为 r_1 的雨滴(选填①、②);若不计空气阻力,请在图中画出雨滴无初速下落的 $v-t$ 图线。

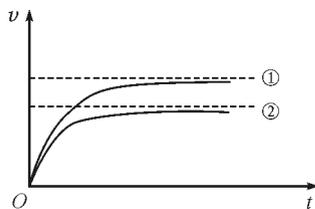


图4 $v-t$ 图像

(3) 由于大量气体分子在各方向运动的几率相等,其对静止雨滴的作用力为零.将雨滴简化为垂直

于运动方向面积为 S 的圆盘,证明:圆盘以速度 v 下落时受到的空气阻力 $f \propto v^2$ (提示:设单位体积内空气分子数为 n ,空气分子质量为 m_0)。

分析 1:依据物理核心素养水平划分和学业质

量标准的要求,通过创设真实情境,提出不同复杂程度和结构差异的实际问题,形成不同难度的测试任务。对本题进行系统梳理考查维度和具体内容,如表 1 所示。

表 1 考查维度和具体内容分析

考查维度	考查具体内容
测试宗旨(核心素养)	着重考查物理核心素养中的物理观念(水平 4)与科学思维(水平 4)
测试载体(真实情境)	以生活中常见的雨滴下落过程创设真实有意义的测试情境
测试任务(问题驱动)	基于雨滴下落真实的测试情境,设计 3 小题 4 个问题项,涉及计算、选择填空、图像作图、论证分析等不同设问的题型
必备知识(解题工具)	功能关系、动能定理、牛顿第二定律、动量定理、牛顿第三定律、图像分析、物理建模等

分析 2:《普通高中物理课程标准(2017 版)》“学业水平考试与命题建议”中提出“可根据物理学科核心素养的水平层次、试题情境的复杂性或新颖性、知识要求的深度或广度等多方面来设计试题的难度”。“高中物理学业质量根据问题情境的复杂程度、知识和技能的结构化程度、思维方式或价值观念的综合程度等划分为不同水平。每一级水平皆包含物理学科核心素养的 4 个方面,主要表现为学生在不同复杂程度情境中运用重要概念、思维、方法和观念等解决问题的关键特征。”根据问题情境复杂程度的不同,对应素养水平的水平一到水平四分为常见的去情境或抽象的情境、新颖的简单抽象的情境、常见的复杂但有指向性的情境、新颖的复杂结构良好情境或简单结构不良的情境。

由此,根据学业水平质量表达影响高考测试任务问题复杂性程度的维度,结构如图 5 所示,几种影响因素包括“问题情境的复杂性程度 x ”“内容的抽象性程度 y ”和“应用的综合性程度 z ”,3 个维度交点 P 对应长方体体积越大,说明问题的复杂性程度越高,问题的难度越大。本题的问题复杂性程度的维度分析如表 2 所示。

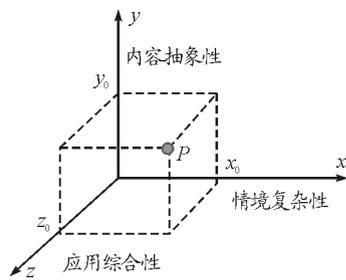


图 5 问题复杂性程度维度

表 2 问题复杂性程度的维度分析

问题情境的复杂性程度	情境因子	雨滴、空气、圆盘、空气分子
	情境因子交叉融合程度	雨滴+空气,从动力学角度和能量角度分析,雨滴(圆盘)+空气分子,构建碰撞模型
	情境的熟悉程度	对学生而言,雨滴下落过程是相对熟悉的生活真实情境,在最近发展区基础上拔高构建碰撞模型的研究相对有一定的难度
内容的抽象性程度	言语的清晰性	题干语言表述明确清晰,任务情境描述简洁、到位
	内容承载对象的具体性(或抽象性)	文字与图像结合,描述的雨滴实体和下落情境较为具体,但物理建模后的雨滴(圆盘)与空气分子的碰撞模型理解有一定的抽象性
应用的综合性程度	知识内容因子	功能关系、动能定理、牛顿第二定律、动量定理、牛顿第三定律、图像分析、物理建模等
	知识的交叉与融合程度	利用功能关系或动能定理求解克服空气阻力做功 W ,结合牛顿第二定律的动力学分析推导雨滴下落趋近的最大速度 v_m 与半径 r 的关系式,并选择和作出图像,通过物理建模构建碰撞模型,论证分析圆盘以速度 v 下落时受到的空气阻力 $f \propto v^2$

问题的情境设计是素养输入和输出的中枢,情境设计的内涵和外延要体现宽度、广度和深度,“试题情境的复杂性或新颖性”是试题难度设置合理梯度的关键因素之一,其中“问题情境的复杂性程度”包括问题的情境因子、情境因子之间的交叉融合程度,以及学生对情境的熟悉程度等.如果试题所涉及的情境因子越多,各因子之间的交叉融合程度越高,学生对情境的熟悉程度越低,说明情境的复杂性程度越高,试题的难度也越大.

《普通高中物理课程标准(2017版)》“学业水平考试与命题建议”要求构建以“素养”“情境”“问题”和“知识”4个要素为命题框架,如图6所示.

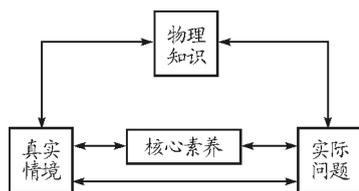


图6 学业水平考试命题框架

核心素养为导向的命题是新课改成败的关键之一,以真实情境为测试载体,将知识的运用、问题的提出与解决等融入到有意义的测试情境之中,有利于实现对学生核心素养的测试,以评促改,促进物理核心素养培育的真正落地.

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版)[M]. 北京:人民教育出版社,2017.52~53,61
- 2 陆永华,潘华君. 浅论物理情境化试题命题[J]. 物理教学,2015(11):57~59
- 3 艾静,张军朋,熊建文. 物理核心素养视域下的问题情境化层级结构的建构及应用[J]. 物理教学,2018(10):14~17
- 4 宋亚杰,胡雨宸. 2008—2017年江苏高考物理卷情境化试题研究及启示[J]. 物理教师,2018(1):94~97

Research on Test – question Situations Based on Physical Core Accomplishments

Lu Yonghua

(Suzhou Affiliated Middle School of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Suzhou, Jiangsu 215000)

Abstract: The physics curriculum standard for general senior high school (2017 Edition) takes the four elements of "accomplishment", "situation", "problem" and "knowledge" as the proposition framework, takes the real situation as the test carrier, and integrates the application of knowledge, the proposal and solution of problems into the meaningful test situation. Based on the core quality of physics, we explain the connection and difference between the test – question "situation" and the teaching "situation". By analyzing the physical situational problem with the different combination of the test question and the situation, we divide the combination of the test question and the situation into the situation – separation type, the situation – embedding type and the situation – combination type. It is conducive to the realization of the test of students' core accomplishments with the concrete analysis, such as the examination dimension and specific content of the college entrance examination, the complexity of the problem and other specific analysis of the situation setting.

Key words: physical core accomplishments; situations; research on test questions