



# 基于核心素养提升的高中物理习题包设计与实践

黄文俊

(桐乡市茅盾中学 浙江 嘉兴 314500)

(收稿日期:2019-12-23)

**摘要:**习题测评是外显学生物理学科素养的一条有效途径,也是评价学生学科素养水平的重要手段.高质量习题是准确反映能力和评价能力的前提.以物理学科素养为基点,通过命题细目表、主题式习题包、转换题型、多级评价等方式,优化习题设计,有效提升学生的学科素养.

**关键词:**学科素养 知识维度 能力维度 细目表 习题包 题型

物理学科核心素养是学生通过物理学习而逐渐形成的正确价值观、必备品格和关键能力.其中物理科学思维是其核心素养的重要组成部分.物理科学思维是一种综合性的能力,体现在多个维度,其中能基于经验事实观察概括、能基于证据意识推论预测、能基于模型构建解释论证、能基于客观规律探究创新等是不同解构视角中的公共要素.

北京师范大学物理学系郭玉英教授将物理学科素养总结为学习理解、应用实践、迁移创新3个能力维度.郭老师认为物理学习的3个能力维度的二级表现指标为:(1)学习理解——观察记忆,概括论证,关联整合;(2)应用实践——分析解释,推论预测,综合应用;(3)迁移创新——直觉联想,迁移与质疑,构建新模型.

能力作为一种内隐的心理特质,需要通过外显的行为来进行诊断和评估.学习过程中的习题测评是一种非常重要的能力外显手段和途径.而能力目标清晰的习题是准确诊断和评估学科素养的保障.

## 1 优化命题细目表 明确学科素养要求

指向明确且详尽的命题细目表是编制高质量习题的保证.但在一般情况下,细目表仅用于试卷习题的编写,而且命题细目表主要体现的是知识维度,其指向性也比较宽泛,不够精细.另外,命题细目表对学科素养要求却鲜有涉及,知识本位的观念较为浓

厚.试卷检测是阶段性的小结和反馈,无法反映出学生在某一知识学习过程中存在的问题和掌握的程度.在教学过程中想要对学生的学学习有持续准确的测评和分析,那么在编写习题时制定命题细目表是一条重要的途径.当然,不是每一道习题都要有详细的命题细目表,而是将它用于核心知识的习题测评中.在核心知识习题编写中建立知识维度和能力维度的命题细目表,既有利于教师对学生知识掌握情况和学科素养落实情况的准确分析,也有利于学生在学习上的自我评价和后续学习行为的调整.通过下面的一个示例加以说明.

**【例1】**科考人员在北极乘车行进,由于地磁场的作用,汽车后轮轮轴(如图1所示)的左、右两端电势高低情况是( )

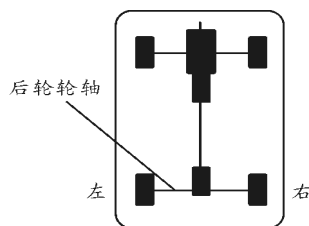


图1 例1题图

- A. 从东向西运动,左端电势较高
- B. 从东向西运动,右端电势较高
- C. 从西向东运动,左端电势较高
- D. 从西向东运动,右端电势较高

答案:A,C.

**分析:**由于地磁场的存在,当地球北极附近水平面上驾驶一辆车向前行进时,由于地磁场作用,冰车两端会有电势差,相当于金属棒在切割磁感线一样.从驾驶员角度看,磁场向下由右手定则可判定冰车左端的电势比右端的电势高.

**详解:**地球北极的磁场向下,无论汽车从东向西运动,还是从西向东运动,汽车后轮轮轴切割磁感线,由右手定则可知,从驾驶员角度看,汽车的左端电势较高,故 A,C 正确,故选:A,C.

电磁感应定律和右手定则是高中物理的核心知识之一.题中对知识维度的要求较基础,对能力维度的要求相对比较高.知识维度和能力维度之间既相对独立又相互影响,从这两维度制定命题细目表,如表 1 所示,使得知识和能力测评更加明确、更加完善,也为教师对学生学习情况的评价提供了准确的依据.知识维度中的“(3-2)4.3.B1”指的是相应知识、技能或方法对应的具体条目信息,如表 2 所示(选取了其中一部分).

表 1 知识维度和能力维度细目表

知识维度									
题序	题型	分值	物理情景	知识内容	难度	基本知识	基本经历	基本技能	基本思想
	选择	3	汽车前进切割磁感线	电磁感应定律 右手定则	中等	(3-2)4.3.B1 (3-2)4.4.B1 (3-2)4.5.B3	(3-2)4.2.B1	(3-2)4.3.B3	(3-2)4.3.B2
能力维度									
学习理解			应用实践			迁移创新			
观察记忆	概况论证	关联整合	分析解释	推论预测	综合应用	直觉联想	迁移质疑	建构模型	
提取有效信息与导体棒切割磁感线知识建立联系	能描述地磁场的磁感线分布特征	轮轴切割地磁场与导体棒切割磁感线进行关联	提取关键信息用电磁感应定律和右手定则进行分析	基于电磁感应知识对这一现象进行推理		认识到问题情境与导体棒切割磁场属于同一类情况	电源模型分析电势高低		

表 2 楞次定律知识细目表(部分)

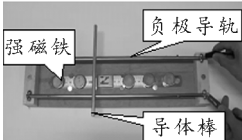
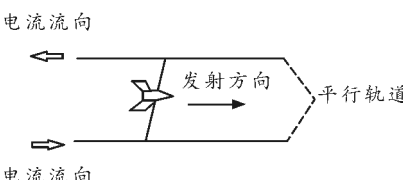
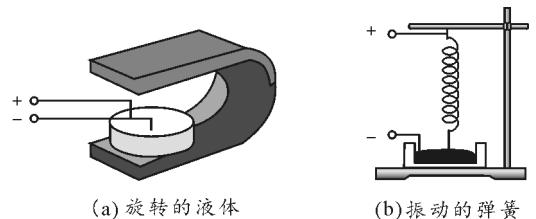
选修 3-2 4.3 楞次定律				
知识点	知识条	知识表述	知识目标分类	
右手定则	1	右手定则内容	伸开右手,拇指与其余四指垂直,并且都与手掌在同一平面内,让磁感线穿过掌心,使拇指指向导线运动的方向,这时四指所指的方向就是感应电流的方向	基本知识 (物理规律)
	2	右手定则和左手定则的选用策略	导体是因通电而受力(运动)用左手定则; 导体因受力(运动)而产生电流用右手定则. (左力右电)	基本思想 (思维方法与策略)
	3	应用的程序与规范	程序与规范: (1)明确研究对象; (2)分清是不是先受力(运动)再产生电流; (3)伸出右手平展开,使大拇指与四指垂直,让磁感线穿过掌心; (4)手掌绕磁感线(轴线)转动,当大拇指指向与受力(运动)方向相同时,四指所指的方向为感应电流的方向; (5)对结果的合理性进行分析	基本技能 (程序与规范)
	4	右手定则和楞次定律的选用策略	楞次定律是普适的,右手定则虽不适用磁场变化引起的感应电流,但在一根导体棒切割情况下须优先	基本思想 (思维方法与策略)

## 2 编制主题式习题包 考查多维度能力

在同一主题知识下设计多个习题并打包,考查的知识维度相同,能力维度不同.习题包中的习题有着不同的题目情景和相互间的知识关联度,习题的

呈现有一定的代表性,学生在解题过程中应用同一知识内容和方法,但需要动用不同的学科素养去解决问题.通过主题式习题包的学习有助于强化学生的基础知识,培养学生的学科素养.通过如表3的示例加以说明.

表3 主题式习题包

题序	习题内容	能力维度
1	<p>电磁炮是一种利用电磁作用发射炮弹的先进武器.某学生利用强磁铁和导轨模拟电磁炮的发射原理,如图所示,则关于导体棒运动情况的描述正确的是( )</p>  <p>A. 导体棒所受安培力向左 B. 导体棒所受安培力向右 C. 导体棒所受安培力向上,导体棒并未左右运动 D. 导体棒所受安培力向下,导体棒并未左右运动</p>	<p>1. 观察记忆:根据题目信息,提取相关知识点. 2. 概况论证:挖掘图片信息获取磁场方向、通电导线电流方向,进而判断安培力方向</p>
2	<p>如图所示为某一水平放置的长7.5 m,宽1.5 m的电磁弹射试验装置.若质量为50 g的模型炮弹从轨道左端由静止开始加速,回路中的电流恒为200 A,最大速度可达300 m/s.轨道间所加磁场为匀强磁场,不计空气及摩擦阻力.下列说法正确的是( )</p>  <p>A. 磁场方向为竖直向下 B. 磁场方向为水平向右 C. 磁感应强度大小为1 T D. 电磁炮的加速度大小为 <math>3 \times 10^5 \text{ m/s}^2</math></p>	<p>1. 分析解释:利用电和磁的相互作用解释物理问题. 2. 关联整合:通过分析模型炮弹在磁场所受安培力、利用牛顿第二定律解决炮弹的运动问题</p>
3	<p>教师在课堂上做了两个小实验:第一个实验叫做“旋转的液体”,在玻璃皿的中心放一个圆柱形电极,沿边缘内壁放一个圆环形电极,把它们分别与电池的两极相连,然后在玻璃皿中放入导电液体,例如盐水,如果把玻璃皿放在磁场中,液体就会旋转起来,如图(a)所示.第二个实验叫做“振动的弹簧”,把一根柔软的弹簧悬挂起来,使它的下端刚好跟槽中的水银接触,通电后,发现弹簧不断上下振动,如图(b)所示.下列关于这两个趣味实验的说法正确的是( )</p>  <p>(a) 旋转的液体 (b) 振动的弹簧</p> <p>A. 图(a)中,如果改变磁场的方向,液体的旋转方向不变 B. 图(a)中,如果改变电源的正负极,液体的旋转方向不变 C. 图(b)中,如果改变电源的正负极,依然可以观察到弹簧不断上下振动 D. 图(b)中,如果将水银换成酒精,依然可以观察到弹簧不断上下振动</p>	<p>1. 直觉联想:利用电和磁的相互作用解释物理问题. 2. 迁移创新:通过分析实验条件,认识到问题情境均属于利用电与磁之间的相互作用解释现象,并最终完成电和磁相互作用知识的迁移</p>

## 3 转变题型外显思维过程 促进学科素养“落地”

“科学思维”是核心素养的要素之一,是学生学习 and 运用物理知识和方法的过程中必备的能力.科学思维的培养是从认识方式和过程的角度对学生关键能力的培养.学生的思维过程通过教师的针对性干预能明确指向学科素养的落实.思维过程看不见,因此在教学中主要采用发言和练习两种活动方式来展示学生的思维过程.

学生在课堂上的发言、与教师的交流,都是一种思维的表达,关注学生的语言就是关注学生的思维.但学生的发言是否能真正反映和表达他的思维?答案是不一定的.这里原因很多,其一是语言表达能力受限,特别是学生在用科学的物理语言表达时会存在困难.比如在解释离心运动现象时,学生生活中都经历过这种运动,所以认识这种运动并不困难,困难的是如何用科学的概念和术语解释离心运动现象.学生用生活语言分析离心现象时会出现把惯性当成受力进行分析解释.其二是受环境因素限制(群体压力),个体在一个群体中发言在心理上会承受一定的压力.这种压力会导致学生不回答问题,或者没有足够的信心组织语言表达观点.其三是课堂发言的方式受众面较小,无法让更多的学生充分展现自己的思维.因此,通过课堂发言展示思维过程有一定的局限性.

练习提供了另一种将思维方式,学生的思维过程通过习题解答呈现.这种方式受众面大,每位学生都能得到展示.但日常习题的类型设计大部分情况下关注的是终结性评价,缺少能充分记录学生思维过程的习题.将客观题转换成主观题的习题类型变化,用“解释原因”“比较分析”“作图说明”等问答形式充分展示学生解题的思维过程,有利于教师做出正确的评价,促使物理学科素养真正落地.通过以下例题说明.

**【例2】**摩天大楼中一部直通高层的客运电梯,行程超过百米.电梯的简化模型如图2(a)所示.考虑安全、舒适、省时等因素,电梯的加速度 $a$ 是随时间 $t$ 变化的,已知电梯在 $t=0$ 时由静止开始上升, $a-t$ 图像如图2(b)所示.电梯总质量 $m=2.0\times 10^3$  kg,忽略一切阻力,重力加速度 $g$ 取 $10$  m/s<sup>2</sup>.以下说法正确的是( )

- A. 前10 s内电梯先匀加速再匀速运动  
 B. 20 s末电梯受到的拉力为零  
 C. 2 s末电梯的速度大小为1.5 m/s  
 D. 32 s末拉力的功率为 $1.7\times 10^4$  W

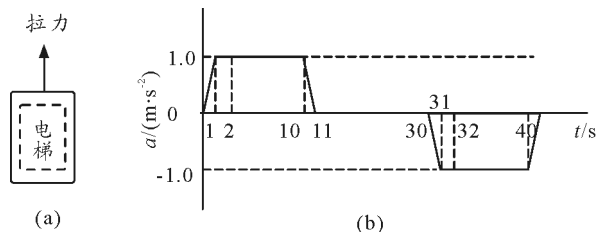


图2 例2题图

各选项解题过程中与物理学科素养相对应的思维过程分析如表4所示.

表4 解题过程中与物理学科素养相对应的思维过程

选项	思维过程	科学思维
A	这是什么图像,加速度是如何变化的	观察、信息提取能力 (观察记忆)
	物体运动性质与加速度间的关系	信息与存储知识建立联系 (观察记忆)
B	根据物体运动性质分析受力情况	分析解释 (应用实践)
C	匀变速直线运动规律不能用于变加速运动,如何求速度	质疑能力 (迁移创新)
	匀变速直线运动如何根据 $v-t$ 图像求位移?方法迁移: $a-t$ 图像的面积表示速度	迁移能力 (迁移创新)
D	需要知道拉力 $F$ 和速度 $v$ 的具体大小,根据牛顿第二定律求拉力,依据选项C的方法求速度	综合应用 (应用实践)

大部分学生能对选项A,B做出正确的分析和判断.选项C,D的思维障碍是相同的,如果没有将相关方法迁移到问题中,不明白图像面积的意义,则思维活动无法进行下去.但由于选项A,B容易分析,所以学生偶然答对的概率也比较高,作为练习题明显干扰了教师对学生个体思维过程的诊断.

若是用该题作为评估学生相关学科素养的练习题,可以将题型改为解答题.

- (1) 描述电梯的运动过程?
- (2) 在电梯上升过程中,拉力的最大值和最小值?
- (3) 电梯在第1 s末的速度大小?求解的依据?
- (4) 32 s末拉力的功率?

(下转第72页)

### 3.2 实验步骤

(1) 安装实验器材. 调节实验仪器水平、实验轨道竖直, 打开 DISL 软件, 连接光电门电路.

(2) 调节实验器材. 调节金属片 a, b 的高度, 使金属球通过接缝时无碰撞、无顿挫, 调节好后用螺母将传感器固定于立柱上.

(3) 测量金属球重力. 对传感器调零, 再将金属小球静止放在 a 金属片上, 记录此时力传感器显示的数据, 即为金属小球的重力  $mg$ .

(4) 将金属球从左端较高处释放, 记录经过 a, b 两金属片时, 通过光电门的时间  $t_a, t_b$ , 及两力传感器的最大力  $F_a, F_b$ .

(5) 数据处理: 1) 从定性角度分析, 比较两力  $F_a, F_b$  与  $G$  之间的大小关系, 可以得出  $F_a$  大于  $G$ , 即小球过凹形桥时超重;  $F_b$  小于  $mg$ , 即小球通过凸形桥时为失重. 2) 从定量角度分析, 利用  $v_a = \frac{d}{t_a}$  及

$v_b = \frac{d}{t_b}$  分别求出小球通过 a, b 的速度, 根据所测数据, 验证  $F = mg + m \frac{v^2}{r}$  和  $F = mg - m \frac{v^2}{r}$  这两个力学关系是否成立.

(6) 改变小球释放地点及小球的大小, 重复进行(3)、(4)、(5)步操作, 再次验证实验结果.

(7) 总结结论.

### 3.3 传承与创新

该仪器在传统凹凸桥造型的基础之上进行了适当的改进, 传承了传统凹凸桥的基本结构, 仍然利用传统实验所研究的凹桥最低点和凸桥最高点进行实验研究. 同时本仪器在传统实验的基础上, 借助现在

(上接第 69 页)

将选择题的选项改成问答形式, 把学生的思维过程通过书面的形式展现出来, 有助于教师诊断每位学生的思维过程和学科素养. 通过总结联想, 将解决相似问题的物理方法和思想提炼出来, 培养学生关联整合能力和创新能力.

教师要从过多关注学习的结果, 转变为更多关注学生的学习过程. 好的过程未必有好的结果, 但好结果一定有好过程作支撑. 从物理学科的知识维度和能力维度出发, 围绕核心概念和重要概念设计习题, 让每道习题具有明确的知识指向和能力指向, 能准确地反映学生的学科知识和学科素养水平. 从实践效果看, 优化

科技进步所带来的新器材, 加入了力传感器、光电门、DISL 系统等新科技元素. 利用力传感器能够测量运动过程中小球对轨道弹力大小, 弥补了前辈无法准确测量运动过程中物体产生的弹力的不足; 利用光电门测量运动物体速度这一特点, 弥补了前辈不方便测量曲线运动物体速度这一遗憾. 因此, 本实验器材的优点就是:

(1) 可以定量地分析小球过凹凸桥时的弹力数据, 以数据说明小球过凹凸桥的超重、失重现象;

(2) 可以定量地探究或者验证  $F = mg + m \frac{v^2}{r}$  和  $F = mg - m \frac{v^2}{r}$  这两个力学关系.

该实验在测量小球速度时, 因为小球的直径较大, 所以测量误差较大, 增大了整体实验的误差. 改进方法为: 制作一个密度更大的小球, 使其质量较大而直径较小. 同时, a, b 金属片与导轨平滑相连的调节难度较大, 需要改进.

### 4 结束语

凹凸桥这部分内容是对向心力知识的运用, 学生对这部分内容的理解可以促进其对向心力知识的理解, 也使学生能够将学习的物理理论知识运用到生活中去, 真正做到学以致用. 同时该实验的完成对《物理课程标准》核心素养要求的落实, 有促进作用. 希望这个仪器能对学生掌握知识、培养能力有帮助, 对教师的教育教学工作有帮助.

#### 参考文献

- 1 湖南省一中物理组. 凹凸桥实验演示器[J]. 物理通报, 1966(07):332

习题设计能明显提升课堂教学和学生学习的效性, 在一定程度上促进了学生物理学科素养的提升.

#### 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. 基于学生核心素养的物理学科素养研究[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2017. 9
- 3 陈颖. 高中物理书面测试中科学论证能力表现评价研究[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2016
- 4 胡卫平, 林崇德. 青少年的科学思维能力研究[J]. 北京:教育研究, 2003(12):19~23
- 5 张玉峰. 高中物理核心概念理解进阶及其教学应用研究[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2016