

物理概念学习诊断的内容框架及其命题应用*

张玉峰 (北京教育科学研究院 北京 100036)

唐 擘 (北京市第八中学 北京 100045)

摘要 学习诊断的内容框架是命制精准诊断测试题的重要依据。在已有的物理概念学习相关研究的基础上,本研究提出了从物理概念的建构过程、物理概念的学习结果、掌握概念后的行为表现三个视角对概念学习情况进行全面、系统的诊断,建构了物理概念学习诊断的内容框架,拟定了具体指标及其表现期望。并以加速度概念为例,展示了应用物理概念学习诊断内容框架命制学习诊断测试题的实践。

关键词 物理概念 学习诊断 内容框架

文章编号 1002-0748(2021)1-0002

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

学习诊断是实现精准教学、促进个性化学习的必要条件。物理概念学习是学生物理观念形成的有机组成部分,也是学生发展物理学科核心素养的重要活动载体。物理概念学习诊断既是概念学习的过程,也是发现概念学习中存在的具体问题,为概念的教与学提供反馈信息的过程。学习诊断的内容框架是命制精准诊断测试题的重要依据,是影响学习诊断效度的核心要素。

基于已有概念学习研究,本文提出包括概念建构过程、建构结果与行为表现三个视角的物理概念学习诊断内容框架,为物理概念学习诊断提供命题框架和分析依据;并以加速度概念为例,展示了物理概念学习诊断内容框架视角下的概念学习诊断测试题。

1 物理概念学习诊断“过程—结果—表现”内容框架的整体架构

学习诊断的目的是发现问题,对存在的问题做出因果解释,以及在因果解释的基础上拓展整合学习中存在的类似问题并提出学习矫正建议。要实现学习诊断的上述目的,需要建构与诊断功能相匹配的内容框架^[1]。因此,基于已有的物理概念学习研究成果,结合学习诊断的目的,本研究提出物理概念学习诊断的“过程—结果—表现”内容框架。

近年来,国内物理教育研究者在吸取国外大概念、学习进阶等研究成果的基础上,扎根本土中学物理教学实践,在概念理解及其测评、物理学科能力界定与测

评、核心概念学习进阶与学科核心素养整合等方面取得了进展,研究内容聚焦在概念建构过程、概念建构结果和掌握概念后的行为表现三个角度。其实,从学生的学习过程看,三者是密切联系、不可分割的整体。学生经历从得出概念到建构概念体系再到通过反省获取概念认识方式这一全面而又深入的概念意义建构过程,必然会比较全面地理解概念的意义、内涵、关联、外延与认识方式等诸要素,也进一步为正确应用概念对客观事物或者现象等进行描述、解释、预测与设计等行为奠定认识基础。而概念学习诊断的目的恰恰是要发现概念学习过程中存在的问题,并对建构结果做出判断,从而为矫正提供依据。而对建构结果做出判断的依据之一,则是学生掌握概念之后的行为表现。为了更加全面、精准地了解学生概念学习情况,更加深入地诊断概念学习中存在的问题,本研究提出从物理概念的建构过程、建构结果、掌握概念后的行为表现三个视角对概念学习情况进行全面、系统的诊断。从概念学习过程可以看出,这三个学习诊断的视角,并不是彼此独立的,而是相互关联的。之所以从三个视角进行全面诊断是为了开拓概念理解诊断性测试题的开发思路,并希望这三个视角下诊断的结果可以相互印证,从而提高诊断的精准程度。之所以对三个诊断视角进一步分解为具体指标是为了对所诊断的物理概念分别从不同角度进行精细化分解,从而提高诊断结果的细化程度,而不是笼统得出概念理解水平。物理概念学习

* 基金项目: 本文是北京市教育科学“十三五”规划 2018 年度一般课题“基于课前学习诊断的教学整合模式研究”(CDDDB18155)的研究成果。

诊断的“过程—结果—表现”内容框架,如表 1 所示。

表 1 物理概念学习诊断的“过程—结果—表现”内容框架

诊断视角	具体指标	表现期望举例
建构过程	概括论证 关联整合 策略反省	知道概念得出的实验或者事实基础; 能建立新概念与已有知识间的关联并丰富原有的概念体系; 能体会到概念得出过程中所使用的认识方式等策略性知识
建构结果	意义 内涵 关联 外延 认识方式	知道引入概念对促进核心概念理解的必要性; 能用多种方式准确表达概念的内涵; 能表示概念之间的关系和概念体系; 知道概念的使用范围和条件; 知道概念得出所使用认识方式的具体内容
行为表现	描述 解释 预测 设计	能应用概念描述物理问题或者现象; 能应用概念解释物理现象; 能应用概念预测物理现象的发生、发展; 能应用概念设计问题解决的方案或者提出创意

2 “建构过程”视角的具体指标说明与试题举例

所谓物理概念建构过程,是指学生从事实经验出发,进行概括、推理、论证,得出概念,并把得出的概念与原有知识建立关联形成概念体系,以及在此过程基础上,进一步通过反思获取认知反省策略性知识(即认识方式)所经历的一系列思维程序。物理概念学习诊断的建构过程视角,要求学习诊断要回到物理概念建构过程的“现场”,通过对概念建构过程的分析,发现概念学习过程中存在的具体问题,并对所发现的问题进行因果解释,从而为概念学习提出针对建构过程的矫正建议。

根据概念认知过程相关研究,概念学习诊断的建构过程视角可以分解为概括论证、关联整合、策略反省三个具体指标。概括论证是指能从事实经验中提取客观事物或物理过程的本质特征,并在已有知识基础上通过逻辑推理,得出概念。关联整合是指能建立新得出的概念与已有知识间的联系,丰富原有的概念体系;能说明知识与核心概念间的关系以及知识在核心概念体系中的地位。策略反省是指能说明知识建立过程和知识关联中蕴含的思维方式、策略与研究方法等认识方式。

可以通过分析概念建构过程,确定概念的认知关键点,以认知关键点作为概括论证、关联整合、策略反省三个具体指标的表现期望。通过诊断学生概念建构过程中是否掌握了这些认知关键点,从而发现概念学习过程中存在的问题,对概念学习情况做出判断。是否掌握概念认知关键点的具体表现期望包括:知道概念得出的实验或者事实;能根据实验结果或者事实进行概括、推理并得出概念;能建立新概念与已

有知识间的关联并丰富原有的概念体系;能体会到概念得出过程中所使用的认识方式等策略性知识等。

下面以普通高中《物理必修 1》中的“加速度”概念为例,从概念建构过程视角命制加速度学习诊断测试题。

题目 1 一辆汽车在平直公路上行驶,在 Δt_1 时间内,速度变化量为 Δv_1 ;一架飞机起飞前在跑道上加速,在 Δt_2 时间内,速度变化量为 Δv_2 。要比较汽车和飞机的速度变化快慢,下列做法中可行的是()

- (A) 比较 Δt_1 和 Δt_2 大小
 (B) 比较 Δv_1 和 Δv_2 的大小
 (C) 比较 $\frac{\Delta v_1}{\Delta t_1}$ 和 $\frac{\Delta v_2}{\Delta t_2}$ 的大小
 (D) 比较 $\frac{\Delta t_1}{\Delta v_1}$ 和 $\frac{\Delta t_2}{\Delta v_2}$ 的大小

答案:本题采用分层赋分:(1)水平一:选择包含 A 或者 B 在内的任何选项,0 分;(2)水平二:选择 C 或 D 中的任何一个选项,1 分;(3)水平三:选择 C 和 D 两个选项,2 分。

说明:本题选择建构过程视角诊断学生对加速度概念的理解。以学生基于物理现象进行推理得出概念中定义加速度大小的认知关键点作为表现期望。达到水平三的学生掌握了用速度变化率描述速度变化快慢的方法;达到水平二的学生,缺乏对加速度概念定义的全面理解,知道加速度可以用速度变化率来定义,但并未通过反省获取定义蕴含的认识方式;达到水平一的学生没有掌握物理量变化快慢的描述方法,没有弄清楚速度在一段时间内的变化量与速度变化率的关系。

3 “建构结果”视角的具体指标说明

所谓物理概念的建构结果,是指学生经历物理概念建构过程后,在头脑中所形成的物理概念的构成要素。物理概念学习诊断的建构结果视角,要求直接从学生头脑中物理概念的构成要素的角度了解其概念学习情况,及时发现问题并进行及时矫正。显然,物理概念学习诊断的建构结果视角不同于建构过程视角,建构结果视角直接了解学生头脑中是否存在物理概念的各个要素,诊断方法和工具开发相对简单,容易测查,但却不容易对发现的概念学习问题进行因果解释,只能根据教学经验或者根据发现的问题进一步通过访谈、问卷调查等二次测查的手段进行溯源。

根据已有的物理概念学习研究,从建构结果视角诊断物理概念学习的具体指标可以分解为概念的意义、内涵、外延、关联、认识方式^[2]。内涵和外延是所有概念具有的共同构成要素。而物理学是一门具

有严密逻辑理论体系的学科,物理概念、规律与原理之间存在着密切的联系,因此概念的关联也是物理概念的构成要素。物理学不仅具有系统的理论体系,还包括系统的研究方法,即人类认识客观世界的系统化、一般化的认识方式。

从建构结果视角诊断物理概念学习情况,就是要诊断概念的这些建构结果要素是否具备。因此,可以通过分析以下表现期望来确定学生头脑当中是否具备了物理概念的构成要素。这些表现期望主要包括:知道引入概念对促进核心概念理解的必要性;能用多种方式准确表达概念的内涵;能表示概念之间的关系和概念体系;知道概念的使用范围和条件;知道概念得出所使用认识方式的具体内容。从建构结果视角诊断物理概念学习情况,并不意味着直接考查学生是否记住了概念的这些要素,也就是应该避免考查学生对这些概念的记忆,而是应该在具体的问题情境中进行考查。

下面还是以“加速度”概念为例,从概念建构结果视角命制学习诊断测试题。

题目 2 a 、 b 两辆车在平直公路上由东向西行驶,选择向东为正方向,它们的速度 v 随时间 t 的变化关系,如图 1 所示。关于两辆车在 $0 \sim t_0$ 时间内的加速度,下列说法中正确的是 ()

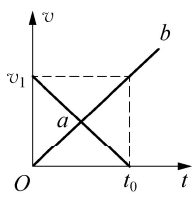


图 1

- (A) a 、 b 两辆车的加速度方向相同
 (B) a 、 b 两辆车的加速度方向相反
 (C) a 、 b 两辆车的加速度大小相等
 (D) a 、 b 两辆车的加速度大小不相等

答案: 本题采取分层赋分: (1) 水平一: 选择包含 A 或者 D 在内的任何选项, 0 分; (2) 水平二: 仅选择 B 或 C 选项中一项, 1 分; (3) 水平三: 选择 B 和 C 两个选项, 2 分。

说明: 本题选择建构结果视角诊断学生对加速度概念的理解。通过从图象中读取加速度大小和方向, 考查学生对概念内涵的理解, 诊断学生对加速度概念的理解。水平三的学生能从 $v-t$ 图象中正确读取物体运动加速度的大小和方向; 水平二的学生仅能从 $v-t$ 图象中读取物体运动加速度的大小或者方向; 水平一的学生则不能从 $v-t$ 图象中正确读取物体运动加速度的大小和方向中的任何一个方面。

4 “行为表现”视角的具体指标说明

物理概念学习诊断的行为表现视角, 就是根据学生面对真实情景时发现问题、分析问题、解决问题

的具体表现来推断物理概念学习的情况, 从而发现概念学习中存在的具体问题, 并进而在对问题做出因果解释的基础上提出矫正建议。

行为表现视角的概念学习诊断属于间接诊断, 是根据行为表现进一步推断概念学习情况, 因为问题解决的行为表现无法完全控制变量, 也就是其他知识学习情况、能力水平、问题解决动机等因素可能会影响行为表现, 诊断结果具有或然性。因此依据行为表现对概念学习情况进行诊断时, 还需要进一步通过其他途径对推断结果进行验证, 或者与其他视角的学习诊断结果共同确定物理概念学习的真实情况。

根据物理学的功能, 结合中学物理的内容特点和教学实际情况, 行为表现视角的物理概念学习诊断指标可以分解为描述、解释、预测、设计。这些指标的表现期望主要包括: 能应用概念描述物理问题或者现象; 能应用概念解释物理现象; 能应用概念预测物理现象的发生、发展; 能应用概念设计问题解决的方案或者提出创意等。

下面还是以“加速度”概念为例, 从概念行为表现视角命制学习诊断测试题。

题目 3 历史上有些科学家曾把相等位移内速度变化相等的直线运动称为“匀变速直线运动”, 现在我们不妨称之为“另类匀变速直线运动”, 这种运动的“加速度”定义式为 $A = \frac{v-v_0}{\Delta x}$, 其中 v_0 和 v 分别表示某段位移 Δx 上的初速度和末速度。当物体做这种“另类匀加速直线运动”时, 可以描述物体的速度 v 随时间 t 变化关系的图象是 ()

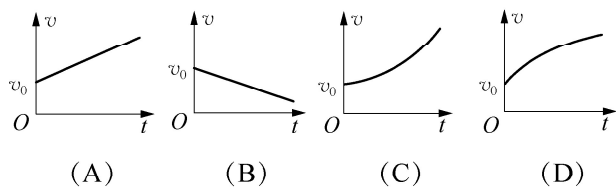


图 2

答案: C。

说明: 本题选择行为表现视角诊断学生对加速度概念的理解。通过定义“另类匀变速直线运动”, 并应用加速度概念描述、解释它的特点, 考查学生对加速度概念的理解。本题考查要求比较高, 属于概念在新情境下的迁移应用。

参考文献

- [1] 张玉峰. 为了物理学科核心素养发展的学习诊断: 概念、路径与内容框架[J]. 中学物理, 2020(1): 2—6.
 [2] 张玉峰, 郭玉英. 围绕学科核心概念建构物理概念的若干思考[J]. 课程·教材·教法, 2015, 35(05): 99—102.