

大一工科学学生热力学知识的深度学习研究

张 玲 陈玉洁 黄致新

(华中师范大学物理科学与技术学院, 湖北 武汉 430079)

摘 要 深度学习注重知识的连接和迁移, 有利于提高学生的学习质量。因此, 本研究基于深度学习理论, 通过问卷调查和个案访谈相结合的研究方法对大一工科学学生热力学知识的深度学习质量、学习效果进行量化和质性研究。研究发现大部分学生处于热力学的深度学习水平, 具有较高的学习质量和显著的学习效果, 且学生的热力学学习具有个体差异性。基于这些研究结果, 在提高大学物理的深度学习水平方面, 我们建议教师注重引导学生的思维建构、关注学生的知识基础并兼顾学生的个体学习特点, 进而促进学生的深度学习。

关键词 热力学; 深度学习; 工科学学生; 学习研究

RESEARCH ON THE DEEP LEARNING OF THERMODYNAMICS KNOWLEDGE OF FRESHMAN ENGINEERING STUDENTS

ZHANG Ling CHEN Yujie HUANG Zhixin

(School of Physical Science and Technology, Central China Normal University, Wuhan, Hubei 430079)

Abstract Deep learning pays attention to the connection and transfer of knowledge, which is conducive to improving the quality of students' learning. Therefore, based on the theory of deep learning, this paper uses the research method of questionnaire survey and case interview to analyze the deep learning quality of freshman engineering students' thermodynamics knowledge. It is found that most of students are in the deep learning level of thermodynamics, with high learning quality and significant learning effect, and students' thermodynamics learning has individual differences. Based on these research results, in order to improve the deep learning level of university physics, we suggest that teachers should lay emphasis on guiding students' thinking construction, paying attention the students' knowledge base and considering students' individual learning characteristics, so as to promote students' deep learning.

Key words thermodynamics; deep learning; engineering students; learning research

深度学习是近年来教育领域关注的热点之一^[1-3], 最早由瑞典学者马顿(MARTON F)和赛尔乔(SALJO R)提出。深度学习理论将学习分为浅层和深层学习两个水平^[4], 浅层学习是指采用

重复信息的加工方式, 不能有效地将新知识纳入已有认知结构的学习^[5]; 深度学习则是指在理解基础上, 将新思想和新知识与原有知识结构相结合, 将已有的知识结构迁移到新情境中解决问题的学

收稿日期: 2021-05-10; 修回日期: 2021-06-06

作者简介: 黄致新, 男, 教授, 主要从事物理教育研究, jackhuang2009@qq.com。

引文格式: 张玲, 陈玉洁, 黄致新. 大一工科学学生热力学知识的深度学习研究[J]. 物理与工程, 2022, 32(2): 60-64.

Cite this article: ZHANG L, CHEN Y J, HUANG Z X. Research on the deep learning of thermodynamics knowledge of freshman engineering students[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(2): 60-64. (in Chinese)

习^[6]。而 Structure of the Observed Learning Outcome(SOLO)分类理论作为深度学习重要理论,常用于深度学习的评价^[7]。SOLO 分类理论从题目线索和学生解答两方面对学生的回答结构进行分析,对学生的思维结构层次进行评价。从低到高分别为前结构、单点结构、多点结构、关联结构、抽象扩展结构共 5 个 SOLO 层次^[8]。抽象拓展结构、关联结构与深层学习对应,其余则与浅层学习对应。

大学物理是工科必修的课程之一,其由若干个知识板块组成,包括力学、电磁学、热力学、光学等,其中热力学属于普通高中物理课程标准(2003 年版)选修模块,不同学生的选修内容不同。学生热力学知识基础的不一致在一定程度上导致热力学的教学效果不佳。因此,极有必要运用深度学习理论来研究和指导学生的学习,促进学生深度学习的达成,进而提高大一工科学生的热力学学习质量。

1 研究设计

1.1 研究对象和研究工具

本研究以华中师范大学电子信息工程专业 2019 级的 99 名学生为研究对象,通过问卷调查和访谈对大一工科学生热力学知识的学习深度进行量化和质性研究。研究综合使用 STPFaSL(Survey of Thermodynamic Processes and First and Second Laws)^[9] 以及 TCE (Thermal Concept Evaluation)^[10] 两份被国际使用者证明的可靠有效的问卷,设计《大学生热力学概念调查问卷》对学生的热力学知识进行调查,问卷由 23 道选择题组成,其题目来源和考查知识分布部分如表 1 所示。并且为了更深入研究学生的热力学知识深度,本研究设计了访谈提纲对学生进行访谈。

表 1 《大学生热力学概念调查问卷》部分

题目	来源	考查知识
1	TCE 第 11 题	物态变化
2	TCE 第 13 题	吸放热(热量转移)
3	TCE 第 16 题	吸放热(热量转移)
4	TCE 第 22 题	热功(热量转化)
5	TCE 第 23 题	吸放热(热量转移)
6	STPFaSL 第 1 题	绝热过程;熵,熵与 Q、T 的关系

1.2 研究实施

在学生在学习热力学前后,通过《大学生热力学概念调查问卷》的前测和后测对学生的热力学知识的学习质量和学习收益进行调查。热力学概念调查问卷回收后,对学生的回答情况进行统计,每道选择题答对赋 1 分,答错赋 0 分,满分共 23 分。在后测结束之后,根据调查的结果对处于深度学习水平和浅层学习水平各 3 位学生进行半结构化访谈,深入了解学生的热力学思维结构。

2 研究结果与分析

为了分析大一工科学生热力学知识的深度学习特点,研究从学生的学习质量、学习效果两个维度进行研究。

2.1 学习质量分析

根据深度学习理论,对问卷的题目所考查的条件进行分析,按照抽象拓展结构、关联结构、多点结构、单点结构、前结构的类别进行分组,共分为五组,如表 2 所示。

表 2 热力学概念调查问卷题目分类细目表

分组	类别	题目
第一组	抽象拓展结构	7、8、13、14、15、17、20、22、23
第二组	关联结构	9、10、12、19、21
第三组	多点结构	6、11、16、18
第四组	单点结构	2、3、4、5
第五组	前结构	1

1) 整体学习质量

为了分析学生在热力学中的学习质量,研究对学生在整体热力学概念体系的学习质量进行分析。按每做对一题得 1 分的规则计算出各学生后测总分,并进行整体性描述分析,得到后测总体分数情况如表 3 所示;再对各题组对应的分数进行分析,前结构题组只有 1 题,得分处于 0~1 分范围内的学生属于前结构;单点结构题组有 4 题,即得分在 2~5 分范围内的学生属于单点结构;多点结构题组有 4 题,即得分在 6~9 分范围内的学生属于多点结构;关联结构题组有 5 道题,即得分在 10~14 分的学生属于关联结构;抽象拓展结构题组有 9 道题,即得分在 15~23 分范围内的学生属于抽象拓展结构,对每个思维结构的人数进行统

计,得到思维结构的分布直方图如图 1 所示。

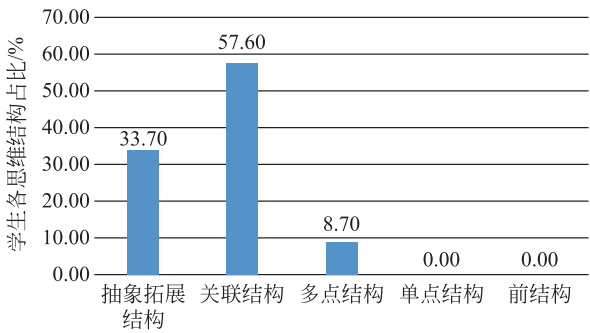


图 1 各思维结构人数占比

从表 3 可以看到整体学生后测得分在 7~22 分之间,平均分为 13.511 分,可见对于整个热力学知识体系而言,学生整体属于关联结构,处于深度学习水平。而从图 1 中可以看出有 33.70% 的学生得分在 15~23 分之间,思维结构属于抽象拓展结构,处于深度学习水平;有 57.60% 的学生得分在 10~14 分之间,思维结构属于关联结构,处于深度学习水平;8.70% 的学生得分在 6~9 分之间,思维结构属于多点结构,处于浅层学习水平;没有学生得分小于 6 分,即没有学生属于单点结构或前结构。可见对于整个热力学知识体系而言,大部分学生处于深度学习水平。

表 3 后测总体分数情况

名称	样本量	最小值	最大值	平均值	标准差	中位数
后测总成绩	92	7	22	13.5	3.2	13

2) 各 SOLO 题组的学习质量

为了深入了解学生在每一个题组的答题情况,研究对学生在每个题组的答题情况进行分析,根据选项的描述结合 SOLO 分类理论对学生的思维结构进行分析。其中,把能够将所有相关条件和隐性条件联系起来,并进一步综合抽象出期间关系和规律的思维结构称为抽象拓展结构;把能够将所有的相关条件联系起来形成一个概念体系的思维结构称为关联结构;把只能孤立地运用多个相关条件解决问题的思维结构称为多点结构;把只能运用一个相关条件解决问题的思维结构称为单点结构;把联系多个错误或无关条件解决问题的思维结构称为前结构。限于篇幅,仅展示抽象拓展组学生回答情况如表 4 所示。

表 4 抽象拓展题组答题情况

题目	思维结构与学习层次分布				
	深度学习		浅层学习		
	抽象拓展结构	关联结构	多点结构	单点结构	前结构
7	70.65%	6.52%	7.61%		10.87%
8	59.78%		5.43%		65.21%
13	21.74%	36.96%	28.26%	13.04%	
14	19.57%	52.17%	19.57%	8.70%	
15	35.87%	19.57%	40.22%		4.35%
17	85.87%		6.52%	7.61%	
20	75.00%		10.87%	6.52%	7.60%
22	79.35%		8.70%		11.96
23	40.22%		34.78%		25.00%

从表 4 可以看出,在抽象拓展结构题组中,大部分学生的思维结构都属于抽象拓展结构和关联结构,处于深度学习水平,少部分学生属于多点结构和单点结构,极少部分学生处于前结构。可见在抽象拓展题组中,大部分学生处于深度学习水平,且思维结构属于抽象拓展结构。学生对于第 7、8、14、17、20、22 题正确率都超过 50%,可见学生对这几道题考查的等温、等压、绝热过程的内能、热功、热量、熵变,以及热力学第一定律、热力学第二定律等知识点都掌握到位。而题组中的第 13、23 的正确率较低,均低于 50%,可见学生对这两道题考查的循环过程的热量、热功的知识点仍掌握不到位。

通过各思维结构题组中的答题情况的分析可以看出,对于整个热力学知识体系而言,学生整体的学习质量较高,处于深度学习水平。大部分学生能正确理解热功、内能、热量、熵的概念,能正确掌握等温、绝热、自由膨胀等过程的特点,能综合以上知识点并运用热力学定律进行解题,热力学概念理解透彻,概念之间联结紧密,热力学知识体系构建完整。对于各个思维结构的大部分知识点,如等温过程、绝热过程、自由膨胀过程中的热功、内能、热量的特点,大部分学生都能联立热力学第一、二定律进行解答,处于深度学习水平。部分学生无法根据循环过程的进行方向对气体做功的正负进行判断,也无法结合热力学第一定律对热量进行判断;而对于熵变,部分学生只能理解熵

是系统的无序性的量度,无法对熵是状态函数进行正确的理解,认为气体经过一个完整循环之后,熵会发生变化。所以学生在一般热力学过程的热功、内能、热量等物理量的判断的学习质量较高,而在对于循环过程的热功、热量的判断以及各个过程的熵变的判断的学习质量不佳。

2.2 热力学学习效果分析

为了深入分析学生在热力学中的学习效果,研究采用配对 t 检验(基于小样本的正态分布假设)对学生在前后测的总得分进行分析,如表 5 所示,进而对学生在整体热力学概念体系的学习收益进行研究。

表 5 前后测总得分配对 t 检验

名称	配对		差值			
	(平均值±标准差)		(配对 1—	t	p	
	配对 1	配对 2	配对 2)			
前测						
配对	9.0±4.8	13.5±3.2	—4.5	—8.30	0.00	**
后测						

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ 。

可以看到学生在前测中的平均分为 9.0 分,后测的平均分为 13.5 分,在 $p < 0.01$ 的水平上具有显著性差异。学生后测得分明显高于前测得分,可见学生在整个热力学知识体系的学习上具有显著的学习收益,能运用所学的热力学概念和规律对热力学问题进行解决,而不是依靠对热现象的感性认知进行判断,学习效果显著,学生在热力学中具有显著的学习收益。

3 研究结论

3.1 大部分学生处于热力学深度学习水平,具有较高的学习质量

在热力学的学习过程中,面对复杂、综合的热力学场景,学生尝试从不同表征中识别各种热力学过程的本质特点,将热力学过程中的物理量特点和变化情况进行关联,并对热力学定律进行灵活运用,达到解决问题的目的。既对各个热力学概念有深入的理解,又能关联多个热力学概念来对整个热力学知识体系进行完整地构建,还能迁移到不同表征构建的热力学情境中解决问题,其思维结构处于关联结构和抽象拓展结构,具有高

阶的特点。就整体热力学知识而言,大部分学生处于热力学深度学习水平,具有较高的学习质量。

3.2 大部分学生具有显著的热力学学习效果

学生在学习时会主动地寻找热力学概念之间的联系和区别,进而对热力学概念知识体系进行构建,整体成绩有显著性提高。可见经过热力学的学习之后,学生在原有认知和知识基础上结合热力学的概念进行深化理解,能结合各个热力学概念灵活运用热力学规律正确解决问题,在后测中的得分显著提高,在整个热力学知识体系上具有显著的学习效果。

3.3 学生的热力学学习具有个体差异性

处于深度学习水平的学生能在不同情境中通过图像表征来联系物理量之间的关系,并能主动地运用热力学规律解决问题,思维结构较为高阶;而处于浅层学习水平的学生,思维上形成对不同热力学过程的特点印象,尝试用固有印象而不是热力学规律来解决问题,思维结构较为低阶。但不同个体的思维结构不尽相同,知识点间关联紧密程度和认知结构拓展延伸程度,以及运用错误概念的程度各不相同,各有特点。

4 教学建议

(1) 教师应重视学生的思维结构以提高学生学习质量。虽然大部分学生具有高阶的思维结构,处于深度热力学的深度学习水平,具有较高的学习质量,但仍有部分学生的思维结构较为低阶。教师可以根据学生作业或课堂的口头回答,基于 SOLO 分类理论等深度学习理论来分析学生当前的思维结构,以及当前所处的学习水平,更有针对性地引导学生完善自身思维结构,提高学习质量,达到深度学习水平。

(2) 教师应关注学生的知识基础以增强学生的学习效果。教学过程中,教师应当关注学生的热力学知识基础,了解整体学生的知识起点,针对不同知识基础的学生调用不同的教学方式,有意识地、有针对性地引导学生构建热力学知识体系、发展抽象拓展思维结构进而达成深度学习,提高学习收益,增强学习效果。

(3) 教师应该兼顾学生个体的学习特点以促进学生达成深度学习。

5 结语

热力学学习既有共性又有个体差异性。同一学习水平的学生其知识建构、思维结构以及学习行为都不尽相同。所以教师在把握学生学习共性的前提下,要兼顾学生个体的学习特点。教师可以通过 SOLO 分类理论构建学生的思维结构,评价其学习水平和学习质量,再结合不同个体的思维结构引导学生达到更深的学习层次。

参 考 文 献

- [1] 张浩,吴秀娟,王静. 深度学习的目标与评价体系构建[J]. 中国电化教育, 2014(7): 51-55.
ZHANG H, WU X J, WANG J. Deep learning objectives and evaluation system construction[J]. China Educational Technology, 2014(7): 51-55. (in Chinese)
- [2] PHILLIPS A W, SMITH S G, STRAUS C M. Driving deeper learning by assessment[J]. Academic Radiology, 2013, 20(6): 784-789.
- [3] HUBERMAN M, BITTER C, ANTHONY J, et al. The shape of deeper learning: Strategies, structures, and cultures in deeper learning network high schools. Findings from the study of deeper learning opportunities and outcomes; Report 1[R]. American Institutes for Research, 2014.
- [4] MARTON F, SALJO R. On qualitative differences in learn-

ing: l-Outcome and process[J]. British Journal of Educational Psychology, 1976, (46): 4-11.

- [5] BIGGS J B. Individual differences in the study process and the quality of learning outcomes[J]. Higher Education, 1979(8): 381-394.
- [6] 何玲,黎加厚. 促进学生深度学习[J]. 现代教学, 2005(5): 29-30.
HE L, LI J H. Promoting deeper learning for students[J]. Modern Teaching, 2005(5): 29-30. (in Chinese)
- [7] 吴维宁,李佳,孔惠斯. SOLO 试题的编制与质量检测[J]. 教育测量与评价, 2009(3): 45-48.
WU W N, LI J, KONG H S. SOLO text question development and quality testing[J]. Educational Measurement and Evaluation, 2009(3): 45-48. (in Chinese)
- [8] J. B 彼格斯, K. F. 科利斯著. 学习质量评价: SOLO 分类理论(可观察的学习成果结构)[M]. 高凌飏, 等, 译. 北京: 人民教育出版社, 2010: 24-32.
- [9] BROWN B. Developing and assessing research-based tools for teaching quantum mechanics and thermodynamics[D]. University of Pittsburgh, 20.
- [10] 陈玉洁,黄致新,王琴. 面向深度学习的大学物理学习评价——以大一学生解决某一力学问题为例[J]. 大学物理, 2020, 39(3): 63-68.
CHEN Y J, HUANG Z X, WANG Q. College physics learning evaluation oriented to deep learning—Take the freshman's solving a certain mechanics problem as an example[J]. College Physics, 2020, 39(3): 63-68. (in Chinese)

(上接第 59 页)

重,适时进行阶段性的过程考核,同时将课上/课下多环节中学生与教师、学生与学生之间的互动交流程度列为考核内容之一,引导学生充分利用“交流环节”调动学习主观能动性、避免线上学习过程存在的各种弊端,并促使学生在掌握知识点的同时提高学习的开放性思维。通过考核模式的改革激发了学生线上交流、学习的热情,使学生真正融入到线上教学过程中,教学质量有了明显的提高。

参 考 文 献

- [1] 阮鹏,刘春玲,汪玉海等. “应用光学”的教学方法和考核方式改革[J]. 安庆师范大学学报(自然科学版), 2017, 23(2): 99-101.
RUAN P, LIU C L, WANG Y H, et al. Reform of teaching methods and examination of applied optics[J]. Journal of Anqing Normal University (Natural Science Edition), 2017, 23(2): 99-101. (in Chinese)
- [2] 郭凯敏. 过程性考核在《电磁学与电动力学》教学中的实践[J]. 教育教学论坛, 2020, 5: 225-226.

GUO K M. Practice of process assessment in the teaching of “Electromagnetics and Electrodynamics” [J]. Education Teaching Forum, 2020, 5: 225-226. (in Chinese)

- [3] 徐平, Herve RIOU. 工业科学课程实践环节考核方法与内涵[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2019, 32(4): 131-136.
XU P, HERVE R. Evaluation method and connotation of industrial science practical work[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics (Social Sciences Edition), 2019, 32(4): 131-136. (in Chinese)
- [4] 刘愈,应俊,张承畅,等. 正反馈评分模式在课程过程考核中的创新运用[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(6): 188-193.
LIU Y, YING J, ZHANG C C. Innovation application of positive feedback scoring model in course assessment[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2019, 38(6): 188-193. (in Chinese)
- [5] 李坤崇. 教学评估——多种评价工具的设计及应用[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2011.
- [6] 张茜. 量表评价法在中职会计专业课程考核中的应用研究[D]. 石家庄: 河北科技师范学院, 2019.
- [7] 杨倩倩. 基于学习体验的工科专业课程考核设计研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2016.